



⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 09 846 A 1**

⑤ Int. Cl.⁵:
G 01 P 3/481
G 01 D 3/02
B 60 C 23/00
B 60 K 28/16
B 60 T 8/32
// B60K 31/00

⑳ Aktenzeichen: P 44 09 846.4
㉔ Anmeldetag: 22. 3. 94
㉖ Offenlegungstag: 29. 9. 94

DE 44 09 846 A 1

③① Unionspriorität: ③② ③③ ③①
23.03.93 JP 5-63882 27.04.93 JP 5-100840

⑦① Anmelder:
Nippondenso Co., Ltd., Kariya, Aichi, JP

⑦④ Vertreter:
Kuhnen, R., Dipl.-Ing.; Wacker, P., Dipl.-Ing.
Dipl.-Wirtsch.-Ing.; Fürniß, P., Dipl.-Chem.
Dr.rer.nat.; Brandl, F., Dipl.-Phys., Pat.-Anwälte;
Hübner, H., Dipl.-Ing., Rechtsanw., 85354 Freising

⑦② Erfinder:
Inoue, Yuuichi, Tokai, Aichi, JP; Fujimoto, Shusaku,
Okazaki, Aichi, JP; Tomiita, Kenji, Ichinomiya, Aichi,
JP; Onogi, Nobuyoshi, Nagoya, JP

⑤④ Drehzahlerfassungsgerät für einen rotierenden Körper

⑤⑦ Es wird ein Drehzahlerfassungsgerät für einen rotierenden Körper offenbart, bei dem ein Korrekturkoeffizient zur Korrektur eines Erfassungsfehlers in jeder von mehreren Impulssignalzeitdauern, die Drehzahldaten des rotierenden Körpers repräsentieren, verwendet wird. Der Korrekturkoeffizient wird aktualisiert, um eine durch einen abnormalen Zustand des rotierenden Körpers hervorgerufenen Abweichung der entsprechenden Impulssignalzeitdauer auszu-schalten. Zu diesem Zweck wird zunächst ein Durchschnittswert der einer Umdrehung des rotierenden Körpers entsprechenden Impulssignalzeitdauern ermittelt, worauf ein Wert ermittelt wird, der eine Abweichung zwischen einer jeweils entsprechenden Impulssignalzeitdauer und dem Durchschnittswert angibt; weiterhin wird ein Aktualisierungswert hergeleitet, indem unter Verwendung eines Korrekturrempfindlichkeitskoeffizienten ein Einflußmaß des die Abweichung angegebenden Werts auf den Korrekturkoeffizienten eingestellt wird. Der Korrekturkoeffizient wird durch Addition des Aktualisierungswerts zu einem letzten Wert des Korrekturkoeffizienten aktualisiert.

DE 44 09 846 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Gerät zum Erfassen der Drehzahl eines rotierenden Körpers.

Zum Erfassen der Drehzahl eines umlaufenden bzw. rotierenden Körpers wird üblicherweise auf der Basis
 5 eines vorgegebenen Standardwerts von Rotationserfassungsabschnitten eines einen Abschnitt des rotierenden
 Körpers bildenden Drehelements und eines Abschnitts eines Drehzahlsensors sowie der Anzahl von Zufuhrzei-
 ten von aus einem Ausgangssignal des Drehzahlsensors abgeleiteten Impulssignalen eine Rotationsdistanz bzw.
 Drehstrecke des rotierenden Körpers abgeleitet. Die Drehzahl des rotierenden Körpers wird daraufhin unter
 10 Zugrundelegung dieser abgeleiteten Drehstrecke sowie der jeweiligen Zeitdauer der zugeführten Impulssignale
 abgeleitet. Diese Signalzeitdauer ist jedoch einer Abweichung unterworfen, die durch einen vom Normalzustand
 abweichenden Faktor oder ein abnormales Element hervorgerufen wird, wie zum Beispiel durch eine Deforma-
 tion der Drehungserfassungsabschnitte aufgrund eines Verarbeitungsfehlers oder infolge von Korrosion, oder
 durch eine Drehzahländerung des rotierenden Körpers aufgrund einer Deformation desselben.

In Anbetracht der voranstehenden Probleme wird in der ersten Veröffentlichung der (nicht geprüften)
 15 japanischen Patentanmeldung Nr. 63-172966 das folgende Fahrzeugrad-Drehzahlerfassungsgerät beschrieben:

Bei dem aus dieser Veröffentlichung bekannten Drehzahlerfassungsgerät weist ein Rotationssensor einen
 Sensorrotor auf, der als Drehungserfassungsabschnitte eine vorgegebene Anzahl von Zähnen aufweist und so
 angeordnet ist, daß er zusammen mit einem Fahrzeugrad rotiert, wobei der Rotationssensor aufeinanderfolgend
 Impulssignale erzeugt, die den Zähnen des Sensorrotors entsprechen. Während die Bremse freigegeben ist, d. h.
 20 im ungebremsten Zustand, wird die neueste Signalperiode mit den letzten und vorletzten Signalperioden
 verglichen, um einen Korrekturkoeffizienten zur Korrektur der neuesten Signalperiode bzw. -zeitdauer herzu-
 leiten. Die Korrekturkoeffizienten werden demgemäß in einer Aufeinanderfolge hergeleitet, die der der Zähne
 des Sensorrotors entspricht. Während die Bremse betätigt ist, wird die neueste Signalperiode demgegenüber auf
 der Basis desjenigen Korrekturkoeffizienten korrigiert, der für den entsprechenden Zahn des Sensorrotors
 25 unmittelbar vor Beginn der Bremsbetätigung hergeleitet worden ist.

Bei dem vorstehend beschriebenen Drehzahlerfassungsgerät tritt jedoch das folgende Problem auf:

Wenn beispielsweise eine Vibration anzeigende Impulssignale, die sich in zufälliger Weise ändern, zugeführt
 werden, kann ein durch den vorstehend erwähnten abnormalen Zustand hervorgerufener Erfassungsfehler der
 Signalperiode unabhängig davon, ob die Bremse betätigt oder freigegeben ist, auf der Basis eines derartigen
 30 Korrekturkoeffizienten nicht korrigiert werden, da die vorstehend beschriebenen Korrekturkoeffizienten sich
 ebenfalls in zufälliger Weise ändern.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Drehzahlerfassungsgerät für einen rotie-
 renden Körper zu schaffen, das in der Lage ist, die Drehzahl eines rotierenden Körpers unter gleichzeitiger
 Korrektur eines durch einen abnormalen Zustand oder eines abnormalen Elements hervorgerufenen Erfas-
 35 sungsfehlers einer Signalperiode zu erfassen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den im Anspruch 1 angegebenen Maßnahmen gelöst.

Demzufolge wird von der Erfindung ein Drehzahlerfassungsgerät für einen rotierenden Körper vorgeschla-
 gen, bei dem ein Korrekturkoeffizient dazu verwendet wird, einen Erfassungsfehler in jedem einzelnen mehrerer
 Impulssignale zu korrigieren, die in Abhängigkeit von der Rotation des rotierenden Körpers aufeinanderfolgend
 40 erzeugt werden, wobei der Erfassungsfehler durch einen vom Normalzustand abweichenden Faktor des rotie-
 renden Körpers hervorgerufen wird; um auf der Basis der korrigierten Impulssignale Drehzahldaten des
 rotierenden Körpers herzuleiten, ist eine Aktualisierungseinrichtung zum Aktualisieren des Korrekturkoeffi-
 zienten vorgesehen, die eine Durchschnittsbildungseinrichtung zum Herleiten eines einen Durchschnitt von
 45 jeweiligen Zeitdauern der Impulssignale angehenden Werts, eine Abweichungsbildungseinrichtung zum Herlei-
 ten eines Werts, der eine Abweichung zwischen jeweils entsprechenden Werten der Impulssignalperioden und
 des den Durchschnitt anzeigenden Werts anzeigt, eine Einstelleinrichtung zum Einstellen eines Einflußmaßes des
 die Abweichung anzeigenden Werts auf den Korrekturkoeffizienten bezüglich einer einzelnen Zufuhr des
 Impulssignals, um einen Aktualisierungswert für den Korrekturkoeffizienten herzuleiten, und die eine Korrek-
 turkoeffizientbildungseinrichtung zum Herleiten eines aktualisierten Werts des Korrekturkoeffizienten durch
 50 Addition des Aktualisierungswerts zu einem letzten Wert des Korrekturkoeffizienten aufweist.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Beschreibung von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf
 die Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 schematisch den prinzipiellen Aufbau eines ersten Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Dreh-
 zahlerfassungsgeräts für einen rotierenden Körper;

55 Fig. 2 anhand eines Flußdiagramms eine Impuls-Unterbrechungsroutine des ersten Ausführungsbeispiels zur
 Korrektur einer Signalzeitdauer;

Fig. 3 anhand eines Impulssignalendiagramms den Zustand zugeführter Impulssignale, die Drehzahldaten eines rotie-
 renden Körpers angeben;

Fig. 4 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 120 der Fig. 2 durchgeführte Korrekturroutine der
 60 Signalzeitdauer;

Fig. 5 anhand eines Flußdiagramms eine Gleichabstands-Unterbrechungsroutine des ersten Ausführungsbei-
 spiels;

Fig. 6 anhand eines Impulssignalendiagramms den Zustand zugeführter Impulssignale, wobei eine Bedingung zur
 Aktualisierung eines Korrekturkoeffizienten erfüllt ist;

65 Fig. 7 anhand eines Impulssignalendiagramms den Zustand zugeführter Impulssignale, wobei die Bedingung zur
 Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten nicht erfüllt ist;

Fig. 8(A) ein zur Erläuterung der Ungleichmäßigkeit der Impulssignalzeitdauern dienendes Diagramm;

Fig. 8(B) ein den nach der Korrektur vorliegenden Zustand der Impulssignalzeitdauern zeigendes Diagramm;

- Fig. 9 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 220 der Fig. 5 durchgeführte Aktualisierungsroutine für den Korrekturkoeffizienten;
- Fig. 10(A) anhand eines Diagramms eine Zeitbereichsänderung des Korrekturkoeffizienten, wenn ein Korrektur-Empfindlichkeitskoeffizient groß ist;
- Fig. 10(B) anhand eines Diagramms eine Zeitbereichsänderung des Korrekturkoeffizienten, wenn der Korrektur-Empfindlichkeitskoeffizient klein ist;
- Fig. 11 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 230 der Fig. 5 durchgeführte Raddrehzahl-Herleitungsroutine;
- Fig. 12 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 240 der Fig. 5 durchgeführte Radbeschleunigungs-Herleitungsroutine;
- Fig. 13 anhand eines Flußdiagramms eine Gleichabstands-Unterbrechungsroutine gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 14 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 310 der Fig. 13 durchgeführte Laufbedingung-Erfassungsroutine;
- Fig. 15 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 330 der Fig. 13 durchgeführte Aktualisierungsroutine für den Korrekturkoeffizienten;
- Fig. 16 eine Kennlinie zum Bestimmen eines Korrekturkoeffizientenelements auf der Basis eines in einem momentanen Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine hergeleiteten Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustands;
- Fig. 17 eine Kennlinie zum Bestimmen eines Korrekturkoeffizientenelements auf der Basis eines im momentanen Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine hergeleiteten Straßenoberflächenrauheit-Ermittlungswerts;
- Fig. 18 anhand eines Flußdiagramms eine Gleichabstands-Unterbrechungsroutine gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 19 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 410 der Fig. 18 durchgeführte Konvergenzzustand-Erfassungsroutine;
- Fig. 20 anhand eines Flußdiagramms eine Gleichabstands-Unterbrechungsroutine gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 21 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 510 der Fig. 20 durchgeführte Sensorausgangszustand-Erfassungsroutine;
- Fig. 22 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 530 der Fig. 20 durchgeführte Aktualisierungsroutine für den Korrekturkoeffizienten;
- Fig. 23 anhand eines Flußdiagramms eine Gleichabstands-Unterbrechungsroutine gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 24 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 610 der Fig. 23 durchgeführte Sensorausgangszustand-Erfassungsroutine;
- Fig. 25 anhand eines Flußdiagramms eine Signalperioden-Korrekturroutine des fünften Ausführungsbeispiels;
- Fig. 26 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 660 der Fig. 23 durchgeführte Musteranpassungsroutine;
- Fig. 27 ein Diagramm zur Erläuterung des Konzepts einer Gleichung; mittels der ein akkumulierter Wert quadratischer Fehler hergeleitet wird;
- Fig. 28 anhand einer schematischen Darstellung eine Zeitbereichsänderung des Korrekturkoeffizienten, wenn die Beschleunigung/Verzögerung für eine bestimmte Zeitdauer fortgesetzt wird;
- Fig. 29 anhand eines Flußdiagramms eine Korrekturroutine für den Korrekturkoeffizienten gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 30 anhand eines Flußdiagramms eine Zahl-Zuordnungsroutine gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 31 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 820 der Fig. 30 durchgeführte Zuordnungszahl-Korrekturroutine;
- Fig. 32(A) in einem Impulsdiagramm den Zustand des eingegebenen Impulses, wenn einer der Drehungserfassungsabschnitte, d. h. einer der Zähne eines Signalrotors fehlt;
- Fig. 32(B) in einem Impulsdiagramm den Zustand des eingegebenen Impulses, wenn zwischen normalen Impulsen ein falscher Impuls zugeführt wird;
- Fig. 33 den Kurvenverlauf von Zeitbereichsänderungen von Korrekturkoeffizienten, die durch verschiedene Gründe hervorgerufene Abweichungen der Signalzeitdauer korrigieren;
- Fig. 34 anhand eines Flußdiagramms eine Aktualisierungsroutine des Korrekturkoeffizienten gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 35 anhand einer schematischen Blockdarstellung die Gesamtstruktur eines zehnten Ausführungsbeispiels der Erfindung;
- Fig. 36 den Kurvenverlauf einer Frequenzcharakteristik der Beschleunigung der ungefederten Massen eines Fahrzeugs;
- Fig. 37 den Kurvenverlauf der Änderungen der Resonanzfrequenzen der ungefederten Massen des Fahrzeugs in vertikaler und Längsrichtung, die durch eine Änderung im Reifendruck hervorgerufen werden;
- Fig. 38 ein Kurvendiagramm zur Erläuterung des Prinzips der Erfassung eines Reifendrucks gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel;
- Fig. 39 anhand eines Flußdiagramms den Gesamtablauf einer Routine zum Bestimmen eines Reifendruckzustands für jedes von vier Fahrzeugrädern gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel der Erfindung;
- Fig. 40 anhand eines Kurvendiagramms eine Wellenformcharakteristik, die durch Ausführung einer Fre-

quenzanalyse von Raddrehzahldaten erhalten wird;

Fig. 41 ein Diagramm zur Erläuterung eines Durchschnittbildungsvorgangs einer Vielzahl von Ergebnissen der Frequenzanalyse der Raddrehzahldaten;

Fig. 42 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 1100 der Fig. 39 durchgeführte Reifendruckzustands-Bestimmungsroutine;

Fig. 43 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 1110 in Fig. 42 durchgeführte Straßenoberflächenzustands-Bestimmungsroutine;

Fig. 44 ein Diagramm zur Erläuterung der Art und Weise der Erfassung einer durch einen schlechten Zustand aufweisenden Straßenoberfläche hervorgerufenen Vibration;

Fig. 45 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 1120 in Fig. 42 durchgeführte Fahrzustands-Bestimmungsroutine;

Fig. 46 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 1124 in Fig. 45 durchgeführte Routine zum Erfassen, ob eine Gleitschutz- bzw. Schneekette verwendet wird;

Fig. 47 anhand eines Flußdiagramms eine in einem Schritt 1130 der Fig. 42 durchgeführte Routine zum Bestimmen, ob ein für einen vorübergehenden Gebrauch vorgesehener Reservereifen (Notrad) verwendet wird;

Fig. 48 den Kurvenverlauf von Raddrehzahlen als Zeitreihendaten; und

Fig. 49 den Kurvenverlauf der Raddrehzahlen als Frequenzdaten.

Bei den nachstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen der Erfindung wird das Drehzahlerfassungsgerät für ein Fahrzeugrad verwendet.

In Fig. 1 ist schematisch der grundsätzliche Aufbau bzw. die Struktur eines Raddrehzahlerfassungsgeräts 11 gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung gezeigt. Gemäß Fig. 1 weist das Gerät einen Signalrotor 12 auf, der die Form eines Zahnrads besitzt und derart angeordnet ist, daß er sich zusammen mit dem Fahrzeugrad dreht. Am äußeren Umfang des Signalrotors 12 ist eine große Anzahl von Zähnen (48 Zähne bei diesem Ausführungsbeispiel) ausgebildet, von denen jeder aus einem magnetischen Material besteht. Diese Zähne sind unter gleichmäßigen Abständen angeordnet. Ein elektromagnetischer Aufnehmer bzw. Fühler 13 ist in der Nähe des gezahnten äußeren Umfangs des Signalrotors 12 fest angeordnet. Der elektromagnetische Fühler 13 erfährt jedesmal dann eine Änderung im Magnetfeld, wenn sich einer der Zähne des Signalrotors 12 an ihm vorbeibewegt. Demzufolge bilden der Signalrotor 12 und der Fühler 13 gemeinsam einen Drehzahlsensor für das Fahrzeugrad, wobei die Zähne des Signalrotors 12 als Drehungserfassungsabschnitte des Drehzahlfühlers arbeiten. Der elektromagnetische Fühler 13 gibt beispielsweise ein einzelnes Erfassungssignal in Form einer Sinuskurve aus, und zwar jedesmal dann, wenn einer der Zähne des Signalrotors 12 an ihm vorbeiläuft. Diese Erfassungssignale werden aufeinanderfolgend einer elektronischen Steuereinheit (ECU) 14 zugeführt. Gemäß der Darstellung in Fig. 1 weist die ECU 14 eine Kurvenformungsschaltung 141, welche die Erfassungssignale aufeinanderfolgend empfängt, um sie in entsprechende rechteckförmige Impulssignale umzuwandeln, sowie einen Mikrocomputer 142 auf, der die umgeformten Impulssignale aus der Kurvenformungsschaltung 141 empfängt. Die ECU 14 weist darüber hinaus in bekannter Weise einen Festwertspeicher (ROM) und einen Schreib/Lese-Speicher (RAM) auf.

In Fig. 2 ist anhand eines Flußdiagramms eine Impuls-Unterbrechungsroutine bzw. -Interruptroutine gezeigt, die vom Mikrocomputer 142 im Ansprechen auf eine ansteigende Flanke jedes Impulssignals aus der Kurvenformungsschaltung 141 ausgeführt wird. Bei diesem Ausführungsbeispiel ist ein einzelnes Impulssignal zwischen zwei benachbarten ansteigenden Flanken definiert und entspricht einer einzelnen Signalperiode bzw. Signalzeitdauer. In Fig. 3 ist der Zustand der Impulssignale gezeigt, die dem Mikrocomputer 142 von der Kurvenformungsschaltung 141 zugeführt werden. In Fig. 3 sind mit S1, S2... jeweils Zeitpunkte bezeichnet, bei denen eine in Fig. 5 dargestellte Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ausgeführt wird. Nachfolgend wird ein Zeitabstand bzw. Intervall zwischen zwei benachbarten Zeitpunkten als Normalintervall- bzw. Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt bezeichnet.

In der Impuls-Unterbrechungsroutine der Fig. 2 wird in einem Anfangsschritt 110 eine Zeitdauer bzw. Periode Δt_n ($n = 1$ bis 48) des in Fig. 3 gezeigten, zugeführten Impulssignals ermittelt. Gemäß Fig. 3 weist die Signalzeitdauer Δt_n eine Abweichung oder einen Erfassungsfehler auf, was auf einen abnormalen Zustand oder ein fehlerhaftes Element zurückzuführen ist, wie beispielsweise eine Deformation der Drehungserfassungsabschnitte des Raddrehzahlsensors aufgrund eines Verarbeitungsfehlers oder infolge von Korrosion der Zähne des Signalrotors 12, oder auch auf eine Deformation eines rotierenden Körpers aufgrund der Deformation eines Reifens während des Fahrens oder aufgrund einer solchen Deformation des Reifens, die auf eine ungleichmäßige Abnutzung desselben zurückzuführen ist. Demgemäß wird die Signalzeitdauer Δt_n in einem Folgeschritt 120 unter Berücksichtigung des durch den abnormalen Zustand hervorgerufenen Erfassungsfehlers korrigiert.

In Fig. 4 ist eine im Schritt 120 durchgeführte Korrekturroutine für die Signalzeitdauer Δt_n gezeigt. In einem Anfangsschritt 120 wird zunächst einem empfangenen Impuls eine Nummer zugewiesen, die der Nummer des entsprechenden Zahns des Signalrotors 12 entspricht. Das heißt, den Zähnen des Signalrotors 12 werden im voraus Nummern zwischen 1 und einem Maximalwert (bei diesem Ausführungsbeispiel zwischen 1 und 48) als Drehungserfassungsabschnitt-Nummern zugewiesen, wobei im Schritt 121 den empfangenen Impulsen sequentiell diejenigen Drehungserfassungsabschnitt-Nummern 1 bis 48 zugewiesen werden, die den Zähnen des Signalrotors 12 entsprechen, was durch dessen Drehbewegung genau einer Umdrehung des Signalrotors 12 entspricht. Anschließend wird in einem Schritt 122 die neueste Signalzeitdauer Δt_n , d. h. die im Schritt 110 im momentanen Durchführungszyklus der Impuls-Unterbrechungsroutine ermittelte Signalzeitdauer Δt_n in einem Speicherbereich im Mikrocomputer 142 gespeichert, der in der Lage ist, die Signalzeitdauern Δt_1 bis Δt_{48} zu speichern. Daraufhin wird in einem Schritt 123 ein korrigierter Wert $\Delta t_n'$ der Signalzeitdauer Δt_n auf der Basis eines Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ für die entsprechende Drehungserfassungsabschnitt-Nummer, d. h. für den entsprechenden Zahn des Signalrotors 12 ermittelt. Im einzelnen wird der korrigierte Wert $\Delta t_n'$ der Signalzeitdauer Δt_n

unter Verwendung folgender Gleichung (1) hergeleitet:

$$\Delta t_n' = \Delta t_n \times \omega_{n,m} \quad (1)$$

In der obigen Gleichung bezeichnet n eine Drehungserfassungsabschnitt-Nummer und m eine Umdrehungsnummer des rotierenden Körpers (bzw. gibt an, um die wievielte Umdrehung des Körpers es sich handelt).

Daraufhin wird in einem Schritt 124 eine Summe Δt_s der korrigierten Werte $\Delta t_n'$ derjenigen Signalzeitdauern Δt_n ermittelt, die von der sich unmittelbar an die Beendigung der letzten Durchführung der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine anschließenden Signalperiode Δt_n bis zur neuesten Signalperiode Δt_n reichen. Im einzelnen wird die Summe Δt_s mittels folgender Gleichung (2) berechnet:

$$\Delta t_s = \sum_{n=j}^p \Delta t_n' \dots \quad (2)$$

In obiger Gleichung bezeichnet j die erste Drehungserfassungsabschnitt-Nummer im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt, während p die letzte Drehungserfassungsabschnitt-Nummer im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt angibt.

Da die Drehungserfassungsabschnitt-Nummern 1 bis 48 wiederholt den empfangenen Impulsen zugeordnet werden, ist es möglich, daß $j > p$ ist, wie aus der vorstehenden Erläuterung ersichtlich.

Unter Bezugnahme auf Fig. 5 wird nunmehr nachstehend die Normalintervall- bzw. Gleichabstands-Unterbrechungsroutine näher erläutert. Diese Unterbrechungsroutine wird vom Mikrocomputer 142 bei jedem Auftreten eines Gleichabstands-Unterbrechungssignals durchgeführt, das jedesmal nach Ablauf einer vorbestimmten konstanten Zeitdauer erzeugt wird.

In einem Anfangsschritt 210 wird zunächst geprüft, ob eine Bedingung zum Aktualisieren des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ erfüllt ist. Diese Bedingung wird dann als erfüllt angesehen, wenn die Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitte jeweils mindestens eine abfallende Flanke (wie dies in den Fig. 6 und 7 durch einen nach unten weisenden Pfeil gekennzeichnet ist) der neuesten Serie von 48 Impulssignalen aufweisen. Beispielsweise ist diese Bedingung in Fig. 6 erfüllt, da jeder Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt mindestens eine fallende Flanke des Impulssignals aufweist. Bei dem in Fig. 7 gezeigten Zustand ist diese Bedingung hingegen nicht erfüllt, da einer der Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitte keine fallende Flanke des Impulssignals aufweist.

In einem Folgeschritt 220 wird der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ bezüglich jedes im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt zugeführten Impulses aktualisiert, d. h. der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ wird pro Drehungserfassungsabschnitt-Nummer aktualisiert, d. h. pro Zahn des Signalrotors 12. Anschließend wird in einem Schritt 230 eine Drehzahl V_x des Fahrzeugrads ermittelt, worauf in einem Schritt 240 eine Beschleunigung DV_x des Fahrzeugrads hergeleitet wird.

Im einzelnen wird der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ im Schritt 220 unter Verwendung folgender Gleichungen (3), (4) und (5) aktualisiert:

$$\omega_{n,m} = \omega_{n,m-1} + k \cdot \Delta t_h \quad (3)$$

$$\Delta t_h = \frac{S - \omega_{n,m-1} \times \Delta t_n}{S} \quad (4)$$

$$S = \sum_{n=1}^{48} \Delta t_n / 48 \quad (5)$$

In diesen Gleichungen bezeichnet m eine Umdrehungsnummer des rotierenden Körpers und k einen Korrekturkoeffizienten.

Die obigen Gleichungen (3), (4) und (5) geben an, daß der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ für die entsprechende Drehungserfassungsabschnitt-Nummer jedesmal dann aktualisiert wird, wenn der entsprechende Zahn des Signalrotors 12 am elektromagnetischen Fühler 13 vorbeiläuft. Diese Gleichungen geben ferner an, daß ein konvergierter bzw. angenäherter Wert des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ erhalten wird, der bei einer wählbaren Drehzahl die durch den abnormalen Zustand hervorgerufene Abweichung oder den Erfassungsfehler der Signalperiode für die entsprechende Drehungserfassungsabschnitt-Nummer korrigieren kann.

Im einzelnen wird ein Anfangswert des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ auf den Wert "1" eingestellt und sein konvergierter Wert repräsentiert ein Verhältnis derjenigen Signalperiode, die von dem durch den abnormalen Zustand beeinflussten rotierenden Körper erzeugt wird, zu derjenigen Signalperiode, die von dem durch keinen abnormalen Zustand beeinflussten rotierenden Körper erzeugt wird. Da die für eine einzelne Umdrehung des rotierenden Körpers benötigte Zeitspanne sehr kurz ist, wird angenommen, daß die Drehgeschwindigkeit des rotierenden Körpers während dieser einen Umdrehung konstant ist. Unter dieser Annahme sollte die jeweilige Periode bzw. Zeitdauer der 48 Impulssignale während einer Umdrehung des rotierenden Körpers konstant sein.

Wenn jedoch ein abnormaler Zustand vorliegt, werden die Signalzeitdauern in der Praxis gemäß der Darstellung in Fig. 8(A) ungleichmäßig lang. Der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ wird folglich in der Weise aktualisiert, daß er eine Abweichung H zwischen einem Durchschnittswert der Zeitdauer von 48 Impulssignalen und der Signalzeitdauer für den entsprechenden Drehungserfassungsabschnitt dem Wert "0" annähert, wie dies in Fig. 8(B) dargestellt ist.

Fig. 9 zeigt anhand eines Flußdiagramms eine Aktualisierungsroutine für den Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$, mittels der dieser in Übereinstimmung mit den Gleichungen (3), (4), und (5) aktualisiert wird. Gemäß Fig. 9 wird in einem Anfangsschritt 221 zunächst ein Durchschnittswert S der Perioden bzw. Zeitdauern von 48 während einer Umdrehung des rotierenden Körpers zugeführten Impulssignalen ermittelt. In einem Folgeschritt 222 wird daraufhin eine Abweichung zwischen dem Durchschnittswert S und der im Schritt 122 der Fig. 4 gespeicherten Signalzeitdauer Δt_n ermittelt und durch den letzten Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m-1}$, d. h. durch den im Schritt 123 der Fig. 4 ermittelten Wert Δt_n korrigiert. Um die Drehzahlabhängigkeit der ermittelten Abweichung ($= S - \omega_{n,m-1} \cdot \Delta t_n$) zu eliminieren, wird im Schritt 222 darüber hinaus ein Verhältnis Δt_h der Abweichung relativ zum Durchschnittswert S ($\Delta t_h = (S - \omega_{n,m-1} \cdot \Delta t_n)/S$) ermittelt. Es wird angenommen, daß dieses Verhältnis Δt_h die durch den abnormalen Zustand hervorgerufene Abweichung der Signalzeitdauer für die entsprechende Drehungserfassungsabschnitt-Nummer repräsentiert. Wenn das Fahrzeug tatsächlich auf einer Straßenoberfläche fährt, ändert sich andererseits die Raddrehzahl aufgrund einer durch die Straßenoberfläche hervorgerufenen Vibration in zufälliger Weise. Demgemäß ändert sich das Verhältnis Δt_h bei jeder Zufuhr des Impulssignals ebenfalls in zufälliger Weise, so daß es die Charakteristik des rotierenden Körpers am entsprechenden Zahn des Signalrotors, d. h. die Abweichung der Signalzeitdauer für die entsprechende Drehungserfassungsabschnitt-Nummer nicht repräsentieren kann.

Demgemäß wird in einem Schritt 223 das Verhältnis Δt_h mit dem Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten k multipliziert, der dazu dient, eine konvergierende Drehzahl des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ anzupassen, um dadurch das Ausmaß des Einflusses des Verhältnisses Δt_h auf den Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ für eine einzelne Zufuhr des Impulssignales anzupassen. Wenn der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k beispielsweise auf einen kleineren Wert eingestellt wird, wird die konvergierende Drehzahl des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ kleiner, während Änderungen des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ aufgrund zufälliger Drehzahländerungen, die durch eine Straßenoberflächen-Vibration hervorgerufen werden, verringert werden können. Folglich kann der Einfluß zufälliger, durch die Straßenoberflächen-Vibrationen hervorgerufene Änderungen der Raddrehzahl auf den Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$, der andernfalls bei der Messung der Raddrehzahl mittels des Raddrehzahlsensors nicht vermieden werden könnte, signifikant verkleinert werden.

In einem Folgeschritt 224 wird der im Schritt 223 ermittelte Wert $k \cdot \Delta t_h$ zu dem letzten Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m-1}$ für die entsprechende Drehungserfassungsabschnitt-Nummer addiert, um dadurch den Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ zu aktualisieren ($= \omega_{n,m-1} + k \cdot \Delta t_h$).

In den Fig. 10(A) und 10(B) sind jeweils Zeitbereichs-Änderungen des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ gezeigt, wobei der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k im Falle der Fig. 10(A) groß ist und im Falle der Fig. 10(B) klein. Wie aus diesen Figuren ersichtlich ist, ist die konvergierende Drehzahl des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ groß, wenn der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k groß ist, wobei der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ mit großer Wahrscheinlichkeit durch die Straßenoberflächenvibrationen beeinflusst wird, so daß seine Änderungen groß sind. Wenn der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k demgegenüber klein ist, ist die konvergierende Drehzahl des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ klein, wobei es in diesem Fall nicht wahrscheinlich ist, daß der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ durch die Straßenoberflächen-Vibrationen beeinflusst wird, so daß seine Änderungen gering sind. Versuche haben bestätigt, daß bei einem sich im wesentlichen mit konstanter Drehzahl drehenden Fahrzeugrad und bei einem Wert von $k = 0,008$ der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ im wesentlichen zu einem konstanten Wert konvergiert, wenn das Rad ungefähr 500 Umdrehungen durchgeführt hat (was bei einer Geschwindigkeit von 100 km/h ungefähr 35 Sekunden und bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h ungefähr 70 Sekunden dauert).

In Fig. 11 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 230 der Fig. 5 durchgeführte Raddrehzahl-Ermittlungsroutine gezeigt. Gemäß Fig. 11 wird in einem Anfangsschritt 231 zunächst die Raddrehzahl V_x ermittelt. Die Raddrehzahl V_x wird ermittelt auf der Basis der Summe Δt_s der korrigierten Signalzeitdauern Δt_n , im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt, wie dies in der vorstehenden Gleichung (2) angegeben ist, der Anzahl N_p der während Δt_s zugeführten Impulssignale gemäß der Darstellung in Fig. 3 sowie einer Drehzahlkonstanten a, die aus der Anzahl (nämlich 48) der Zähne des Signalrotors 12 und dem jeweiligen Radius des Fahrzeugrads bestimmt wird. Im einzelnen wird die Raddrehzahl V_x unter Verwendung folgender Gleichung (6) hergeleitet:

$$V_x = a \cdot (N_p / \Delta t_s) \quad (6)$$

In Fig. 12 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 240 der Fig. 5 durchgeführte Radbeschleunigungs-Ermittlungsroutine gezeigt. Gemäß Fig. 12 wird in einem Schritt 241 die Radbeschleunigung DV_x ermittelt (mit D ist die Ableitung nach der Zeit symbolisiert). Die Radbeschleunigung DV_x wird ermittelt auf der Basis der im letzten Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ermittelten Raddrehzahl V_{x0} , der im momentanen Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ermittelten neuesten Raddrehzahl V_{x1} , der Summe Δt_{s0} der korrigierten Signalperioden im letzten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt und der Summe Δt_{s1} der korrigierten Signalperioden im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt. Im einzelnen wird die Radbeschleunigung DV_x unter Verwendung folgender Gleichung (7) hergeleitet:

$$DV_x = (V_{x1} - V_{x0}) / ((\Delta t_{s0} + \Delta t_{s1}) / 2) \quad (7).$$

Nachstehend wird ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Bei diesem zweiten Ausführungs-

rungsbeispiel werden bestimmte Fahrzustände bzw. -charakteristika, wie beispielsweise eine Rauheit der Straßenoberfläche und ein Fahrzeug-Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand erfaßt, um ein jeweiliges Maß der Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ auf der Basis des erfaßten Fahrzustands anzupassen. Auf diese Weise kann eine fehlerhafte Korrektur der Signalzeitdauer wirksam verhindert werden, die andernfalls durch die Rauheit der Straßenoberfläche und/oder durch eine Beschleunigung oder Verzögerung des Fahrzeugs hervorgerufen werden würde.

In Fig. 13 ist anhand eines Flußdiagramms eine Gleichabstands-Unterbrechungsroutine dieses zweiten Ausführungsbeispiels gezeigt. Da die Impuls-Unterbrechungsroutine der des ersten Ausführungsbeispiels entspricht, wird diese zur Vermeidung von Wiederholungen an dieser Stelle nicht näher erläutert.

Gemäß Fig. 13 wird in einem Anfangsschritt 310 ein Fahrzustand erfaßt, der bei der Korrektur eines Impulsintervalls, d. h. der Signalzeitdauer, einen Fehler hervorruft. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird im Schritt 310 der Fahrzeug-Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand und die Rauigkeit der Straßenoberfläche erfaßt.

In einem Schritt 320 wird anschließend bestimmt, ob der im Schritt 310 erfaßte Fahrzustand zur Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ geeignet ist. Falls im Schritt 320 diese Eignung erkannt wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 330, bei dem der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ aktualisiert wird. Wenn im Schritt 320 diese Eignung demgegenüber nicht erkannt wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 340 und von diesem zu einem Schritt 350, bei denen in gleicher Weise wie bei den Schritten 230 und 240 der Fig. 5 die Raddrehzahl V_x bzw. die Radbeschleunigung DV_x berechnet werden.

Der Schritt 330 entspricht dem Schritt 220 der Fig. 5. Im Schritt 330 werden die vorstehend erläuterten Gleichungen (3), (4) und (5) zur Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ verwendet. In diesem Ausführungsbeispiel ist der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k jedoch in Abhängigkeit von dem im Schritt 310 erfaßten Fahrzustand wählbar oder schaltbar, um dadurch zu erreichen, daß die Raddrehzahl V_x und die Radbeschleunigung DV_x im Schritt 340 bzw. 350 ohne Beeinflussung durch den Fahrzeug-Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand und die Rauigkeit der Straßenoberfläche ermittelt werden können.

Nachfolgend werden die in Fig. 13 gezeigten Verarbeitungsschritte in größerer Genauigkeit erläutert.

In Fig. 14 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 310 durchgeführte Fahrzustand-Erfassungsroutine näher erläutert. Bei dem in Fig. 14 gezeigten Ablauf wird der Fahrzeug-Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand in Schritten 311 bis 314 auf folgende Weise ermittelt:

Im Schritt 311 wird die im letzten Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ermittelte Radbeschleunigung DV_x gefiltert, um hochfrequente Komponenten zu eliminieren, die durch die Straßenoberfläche und das Antriebssystem des Fahrzeugs hervorgerufene Vibrationen anzeigen, um auf diese Weise eine Beschleunigungs/Verzögerungs-Komponente DV_w bei einer relativ niedrigen Frequenz zu extrahieren. Dieser Filterungsvorgang kann in einer Form realisiert werden, wie er beispielsweise durch folgende Gleichung (8) repräsentiert ist:

$$\begin{aligned} DV_w(n) = & Ka0 \times DV_x(n) + Ka1 \times DV_x(n-1) \\ & + Ka2 \times DV_x(n-2) + Kb1 \times DV_w(n-1) \\ & + Kb2 \times DV_w(n-2) \quad (8) \end{aligned}$$

In der obigen Gleichung sind mit $Ka0$ bis $Kb2$ jeweils Konstanten bezeichnet, die durch die zu eliminierenden Frequenzen festgelegt sind, während mit (n) , $(n-1)$ und $(n-2)$ der neueste bzw. letzte bzw. vorletzte Ausführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine bezeichnet ist.

Anschließend wird im Schritt 312 die Radbeschleunigung DV_w mit einem vorgegebenen Wert KA_{INH} verglichen. Wenn $DV_w(n) > KA_{INH}$ ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 313, bei dem eine Kennung f_{INH} auf den Wert "1" eingestellt wird, um eine Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten zu verhindern, worauf zu einem Schritt 315 verzweigt wird. Wenn demgegenüber erkannt wird, daß $DV_w(n) \leq KA_{INH}$ ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 314, bei dem die Kennung f_{INH} auf den Wert "0" zurückgesetzt wird, worauf ebenfalls zum Schritt 315 verzweigt wird.

Obgleich im Schritt 311 die augenblickliche, im letzten Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ermittelte Radbeschleunigung als Fahrzeug-Beschleunigung/Verzögerungs-Zustand verwendet wird, können unter Verwendung folgender Gleichung (9) aus einem einzelnen Umdrehungszyklus des Signalrotors 12 entsprechenden Drehzahldaten die Beschleunigungsdaten hergeleitet und als Fahrzeug-Beschleunigung/Verzögerungs-Zustand verwendet werden:

$$DV_w(n) = |V_x(n) - V_x(1)| \quad (9).$$

In dieser Gleichung bezeichnet $V_x(n)$ eine im letzten Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ermittelte Raddrehzahl, während $V_x(1)$ eine Raddrehzahl bezeichnet, die in derjenigen Gleichabstands-Unterbrechungsroutine hergeleitet wurde, die während eines Zeitpunkts ausgeführt wurde, der einen Umdrehungszyklus des Signalrotors 12 zurücklegt. Unter Verwendung der auf diese Weise als Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand hergeleiteten Beschleunigungsdaten DV_w ist es möglich, den Einfluß des Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustands auf ein durchschnittliches Impulsintervall eines einzelnen Umdrehungszyklus des Signalrotors 12 präziser zu beurteilen.

Im Anschluß hieran wird in Schritten 315 bis 319 die Rauigkeit der Straßenoberfläche auf folgende Weise ermittelt:

Im Schritt 315 werden diejenigen gespeicherten Radbeschleunigungen $DV_x(1)$ bis $DV_x(n)$ ausgelesen, die dem letzten Umdrehungszyklus des Signalrotors 12 entsprechen, der dem letzten Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine vorausgeht. Anschließend werden im Schritt 316 ein Maximalwert DV_{MAX} und

ein Minimalwert DV_{\min} unter den Werten $DV_x(1)$ bis $DV_x(n)$ ermittelt. Im Schritt 316 wird darüber hinaus ein Rauigkeitsmaß-Bewertungswert DV_R der Straßenoberfläche unter Verwendung folgender Gleichung (10) hergeleitet:

$$5 \quad DV_R = |DV_{\max} - DV_{\min}| \quad (10).$$

Daraufhin wird der Bewertungswert DV_R im Schritt 317 mit einem vorgegebenen Wert $K_{R_{\text{INH}}}$ verglichen. Wenn $DV_R > K_{R_{\text{INH}}}$ ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 318, bei dem die Kennung f_{INH} auf den Wert "1" gesetzt wird, um die Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten zu verhindern. Wenn demgegenüber festgestellt wird, daß $DV_R \leq K_{R_{\text{INH}}}$ ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 319, bei dem die Kennung f_{INH} auf den Wert "0" zurückgesetzt wird. Von einem der beiden Schritte 318 und 319 verzweigt der Ablauf daraufhin zum Schritt 320 der Fig. 13.

Im Schritt 320 wird geprüft, ob die Kennung f_{INH} gesetzt ist oder nicht. Falls sie gesetzt ist, verzweigt der Ablauf unter Umgehung des Schritts 330 unmittelbar zum Schritt 340. Falls die Kennung hingegen zurückgesetzt ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 330, bei dem der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ aktualisiert wird.

In Fig. 15 ist anhand eines Flußdiagramms die im Schritt 330 der Fig. 13 durchgeführte Korrekturkoeffizient-Aktualisierungsroutine näher gezeigt. Da sich die Korrekturkoeffizient-Aktualisierungsroutine der Fig. 15 von derjenigen der Fig. 9 lediglich in der Art und Weise der Einstellung des Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten k unterscheidet, wird in der nachfolgenden Beschreibung im wesentlichen nur darauf eingegangen, wie der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k bestimmt wird.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k in Abhängigkeit vom Fahrzustand, d. h. dem in Schritt 310 der Fig. 13 ermittelten Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand und dem Zustand der Straßenoberfläche umgeschaltet bzw. eingestellt, was nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 16 und 17 näher erläutert wird.

Fig. 16 zeigt eine Karte bzw. Kennlinie zum Bestimmen eines Korrektorempfindlichkeitskoeffizient-Elements k_1 auf der Basis des im Schritt 311 im momentanen Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ermittelten Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustands DV_w . In ähnlicher Weise zeigt Fig. 17 eine Karte bzw. Kennlinie zum Bestimmen eines Korrektorempfindlichkeitskoeffizient-Elements k_2 auf der Basis des im Schritt 310 im momentanen Durchführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ermittelten Straßenoberflächenrauigkeits-Bewertungswerts DV_R . Diese Kennlinien werden in dem von der ECU 14 beherbergten ROM im voraus gespeichert. Der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k wird unter Zugrundelegung der mittels der Kennlinien bestimmten Korrektorempfindlichkeitskoeffizient-Elemente k_1 und k_2 unter Verwendung folgender Gleichung (11) hergeleitet:

$$35 \quad k = K_{H1} \times k_1 + K_{H2} \times k_2 \quad (11).$$

In dieser Gleichung sind mit K_{H1} und K_{H2} jeweils vorbestimmte Gewichtungskoeffizienten bezeichnet.

Da ein Aktualisierungswert des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ unter Verwendung des auf diese Weise ermittelten Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten k korrigiert wird, kann der durch eine plötzliche Beschleunigung oder Verzögerung sowie durch die raue Straßenoberfläche hervorgerufene Fehler bei der Korrektur des Impulsintervalls wirksam verhindert werden, so daß die durch den bei den Drehungserfassungsabschnitten des Drehzahlsensors 12, 13 vorliegenden abnormalen Zustand hervorgerufene Abweichung des Impulsintervalls präzise korrigiert werden kann.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird der Korrekturkoeffizient dann nicht aktualisiert, wenn der den Fahrzustand angegebende Wert größer als der vorgegebene Wert ist. Es ist demgegenüber jedoch auch möglich, den Schritt 320 der Fig. 13 zu löschen und den Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten auf einen kleinen Wert einzustellen, wenn der den Fahrzustand angegebende Wert größer als der vorgegebene Wert ist, so daß der Korrekturkoeffizient unabhängig vom jeweiligen Fahrzustand aktualisiert werden kann.

Ferner kann dafür Sorge getragen werden, den Korrekturkoeffizienten unter Verwendung eines vorgegebenen festen Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten zu aktualisieren, wenn im Schritt 320 entschieden wird, den Korrekturkoeffizienten zu aktualisieren. Diese Verfahrensweise ist einfacher und gleichwohl in der Lage, eine Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten zu verhindern, wenn dies bei dem betreffenden Fahrzustand nicht ratsam ist.

Bei dem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der im Schritt 223 der Fig. 9 ermittelte Korrekturwert ($k \cdot \Delta t_n$) mit einem voreingestellten Wert verglichen werden, der einen maximalen Korrekturwert für einen einzelnen Aktualisierungsvorgang repräsentiert. Wenn der Korrekturwert größer als der voreingestellte Wert ist, wird der Korrekturkoeffizient unter Verwendung des voreingestellten Werts anstelle des ermittelten Korrekturwerts aktualisiert, so daß es möglich ist, den durch den Straßenoberflächenzustand und/oder den Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand hervorgerufenen Korrekturfehler zu unterdrücken, ohne den Fahrzustand zu erfassen.

Nunmehr wird ein drittes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Bei diesem dritten Ausführungsbeispiel wird durch Überwachen einer zeitlichen Änderung bzw. einer Zeitbereichsänderung des Korrekturkoeffizienten erfaßt, ob sich der Korrekturkoeffizient einem Wert genähert hat, der der Abweichung des Impulsintervalls aufgrund des abnormalen Zustands des entsprechenden Drehungserfassungsabschnitts des Drehzahlsensors entspricht. Durch Speichern dieses angenäherten bzw. konvergierten Werts und durch seine anschließende Verwendung für den entsprechenden Drehungserfassungsabschnitt ist es folglich möglich, die Raddrehzahl und die Radbeschleunigung präzise und kontinuierlich zu ermitteln.

In Fig. 18 ist ein Flußdiagramm einer Gleichabstands-Unterbrechungsroutine des dritten Ausführungsbei-

spiels gezeigt. Diejenigen Verarbeitungsabläufe, auf die in der nachstehenden Beschreibung nicht Bezug genommen wird, entsprechen im wesentlichen denjenigen des ersten Ausführungsbeispiels. Eine näher Erläuterung dieser Verarbeitungsabläufe erübrigt sich folglich.

Gemäß Fig. 18 wird in einem Anfangsschritt 410 zunächst ein Zustand des Korrekturkoeffizienten erfaßt. Anschließend wird in einem Schritt 420 geprüft, ob der Korrekturkoeffizient konvergiert bzw. angenähert worden ist, d. h., ob die Konvergenz des Korrekturkoeffizienten abgeschlossen worden ist. Wenn sie abgeschlossen ist, verzweigt der Ablauf unter Auslassung eines Schritts 430, bei dem der Korrekturkoeffizient aktualisiert wird, zu Schritten 440 und 450, bei denen die Raddrehzahl V_x bzw. die Radbeschleunigung DV_x ermittelt wird.

In Fig. 19 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 410 der Fig. 18 durchgeführte Konvergenzzustand-Erfassungsroutine näher erläutert. Gemäß Fig. 19 wird in einem Anfangsschritt 411 eine Zeitbereichsänderung DW ermittelt, die eine Differenz zwischen dem letzten Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m-1}$ und dem dem ersten Impuls im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt entsprechenden momentanen Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ angibt.

Die Änderung DW wird anschließend in einem Schritt 412 mit einem vorgegebenen Wert KDW verglichen. Wenn $DW \geq KDW$ ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 414, womit entschieden wird, daß sich der Korrekturkoeffizient ändert. Im Schritt 414 wird ein Zähler CDW gelöscht bzw. zurückgesetzt. Falls demgegenüber $DW < KDW$ ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 413, bei dem der Zähler CDW um den Wert "1" inkrementiert wird.

Anschließend wird in einem Schritt 415 der jeweilige Wert bzw. Zählstand des Zählers CDW mit einem vorgegebenen Wert KCDW verglichen. Falls $CDW < KCDW$ ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 420. Wenn demgegenüber $CDW \geq KCDW$ ist, d. h., wenn ein Zustand, bei dem die Änderungen DW kleiner als der vorgegebene Wert KDW sind, während der vorgegebenen Zeit KCDW fortwährend vorgelegen hat, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 416, bei dem eine Kennung fdwok auf den Wert "1" eingestellt wird, was bedeutet, daß die Konvergenz bzw. Annäherung des Korrekturkoeffizienten beendet ist. Wenn die Kennung fdwok im Schritt 416 gesetzt wird, wird im Schritt 420 eine positive Antwort erzeugt, so daß die Raddrehzahl und die Radbeschleunigung in den Schritten 440 bzw. 450 ohne Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten ermittelt werden. In diesem Fall werden alle Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ für die entsprechenden Impulse innerhalb des neuesten Gleichabstandsabschnitts als konvergierte Werte angesehen und als feste Korrekturkoeffizienten für die entsprechenden Impulse, d. h. für die entsprechenden Zähne des Signalrotors 12 des Drehzahlsensors gespeichert.

Während der Fahrt auf einer rauen Straßenoberfläche oder unter dem Einfluß einer Beschleunigung oder Verzögerung des Fahrzeugs, was den Korrekturf Fehler des Korrekturkoeffizienten hervorruft, ändern sich die in der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine aufeinanderfolgend ermittelten Korrekturkoeffizienten im allgemeinen in zufälliger Weise. Wenn eine Zeitbereichsänderung des Korrekturkoeffizienten kleiner gehalten wird, als der vorgegebene Wert für die vorgegebene Zeitdauer, kann folglich geschlossen werden, daß die Korrekturkoeffizienten für die Impulse innerhalb des neuesten Gleichabstandsabschnitts den jeweiligen Werten, die den durch den abnormalen Zustand an den Drehungserfassungsabschnitten des Drehzahlsensors hervorgerufenen Abweichungen der Impulsintervalle entsprechen, angenähert worden sind. Durch Verwendung der gespeicherten konvergierten bzw. angenäherten Korrekturkoeffizienten werden die Impulsintervalle oder Signalperioden daher präzise korrigiert, und zwar ohne jeglichen Einfluß durch vorangehende Störfaktoren, d. h. eine raue Straßenoberfläche oder einen Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand.

Bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die Zeitbereichsänderung DW des Korrekturkoeffizienten für den ersten Impuls in jedem Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt ermittelt. Jedoch ist es auch möglich, den letzten Impuls oder einen der anderen Impulse in jedem Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt zum Bestimmen des konvergierten Zustands des Korrekturkoeffizienten zu verwenden.

Bei diesem Ausführungsbeispiel wird die Zeitbereichsänderung DW des Korrekturkoeffizienten ferner lediglich für einen der Impulse in jedem Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt ermittelt. Es kann jedoch dafür Sorge getragen werden, die Zeitbereichsänderungen der Korrekturkoeffizienten für alle Impulse in jedem Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt zu ermitteln und die Kennung fdwok nur dann auf den Wert "1" einzustellen, wenn die ermittelten Änderungen kleiner als der vorgegebene Wert sind und wenn zusätzlich der Zählstand CDW gleich groß wie oder größer als ein vorgegebener Wert wird.

Bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel wird der konvergierte Zustand des Korrekturkoeffizienten ω erfaßt. In Anbetracht der Tatsache, daß die Einflüsse durch den Zustand der Straßenoberfläche und durch den jeweiligen Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand in zufälliger Weise erzeugt werden, kann jedoch in Erwägung gezogen werden, den vorgenannten Einfluß durch Ausführung eines Filterungsvorgangs auszuschließen. Ein derartiger Filterungsvorgang wird im einzelnen dadurch realisiert, daß dem Schritt 220 der Fig. 5 des ersten Ausführungsbeispiels zwei Schritte angefügt werden. Im ersten dieser beiden Schritte wird der im Schritt 220 aktualisierte Korrekturkoeffizient ω gespeichert, während im zweiten Schritt jeder der im ersten Schritt gespeicherten Koeffizienten ω unter Verwendung folgender Gleichung (12) gefiltert wird:

$$\begin{aligned} \omega_w(n,m) = & Kc0 \times \omega(n,m) + Kc1 \times \omega(n,m-1) \\ & + Kc2 \times \omega(n,m-2) + Kd1 \times \omega_w(n,m-1) \\ & + Kd2 \times \omega_w(n,m-2) \quad (12) \end{aligned}$$

In obiger Gleichung bezeichnen Kc0 bis Kd2 jeweils Konstanten, die durch die zu eliminierenden Frequenzen bestimmt sind, mit n ist eine Drehungserfassungsabschnitt-Nummer bezeichnet, während mit m eine Umdrehungsnummer des rotierenden Körpers bezeichnet ist.

Der Filterungsvorgang kann andererseits auch durchgeführt werden, indem einfach ein sich bewegender bzw.

veränderlicher Durchschnittswert der Korrekturkoeffizienten ω_n verwendet wird.

Mittels des vorstehend erläuterten Filterungsverfahrens können die Raddrehzahl und die Radbeschleunigung selbst dann präzise ermittelt werden, wenn der Zustand der Straßenoberfläche und der Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand ohne diese Maßnahme die Korrektur der Signalperiode negativ beeinflussen würden.

5 Nunmehr wird ein viertes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert. Wenn bei diesem Ausführungsbeispiel die Zuordnung einer Nummer zu einem Impuls im Schritt 121 der Fig. 4 fehlschlägt, d. h., wenn die Positionsdaten des entsprechenden Drehungserfassungsabschnitts verloren gehen, und zwar aufgrund eines auf ein solches Maß verringerten Signalpegels des Drehzahlsensors, bei dem der entsprechende Impuls nicht mehr
10 erfaßt werden kann, kann gleichwohl verhindert werden, daß der Korrekturkoeffizient dem falschen Drehungserfassungsabschnitt zugeordnet wird. Die Verringerung des Signalpegels des Sensors wird beispielsweise durch eine Verkleinerung der Rotationsgeschwindigkeit des rotierenden Körpers einschließlich des Signalrotors 12 hervorgerufen.

In Fig. 20 ist anhand eines Flußdiagramms eine Gleichabstands-Unterbrechungsroutine des vierten Ausführungsbeispiels gezeigt. Diejenigen Verarbeitungsabläufe, auf die in der nachfolgenden Beschreibung nicht Bezug
15 genommen wird, entsprechen im wesentlichen denen des ersten Ausführungsbeispiels. Eine ausführliche Erläuterung dieser Verarbeitungsabläufe ist daher entbehrlich.

Gemäß Fig. 20 wird in einem Schritt 510 zunächst ein Ausgangszustand bzw. ein Zustand des Ausgangssignals des Drehzahlsensors 12, 13 erfaßt. In einem Folgeschritt 520 wird daraufhin überprüft, ob der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ auf der Basis des erfaßten Ausgangszustands des Sensors aktualisiert werden soll. Wenn im Schritt 520
20 entschieden wird, den Korrekturkoeffizienten zu aktualisieren, wird in einem Schritt 530 der zur Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten zu verwendende Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k auf der Basis des erfaßten Ausgangszustands des Sensors angepaßt.

In Fig. 21 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 510 der Fig. 20 durchgeführte Sensorausgangszustand-Erfassungsroutine näher gezeigt. Gemäß Fig. 21 wird in einem Anfangsschritt 511 zunächst geprüft, ob
25 zwischen der vorhergehenden und momentanen Durchführung der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ein Impuls zugeführt wird. Falls dies der Fall ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 513. Andernfalls verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 512, bei dem eine Kennung f_{PIN} auf den Wert "0" zurückgesetzt wird, drauf zum Schritt 520 der Fig. 20 zurückverzweigt wird.

Im Schritt 513 wird geprüft, ob die Kennung f_{PIN} gesetzt oder zurückgesetzt ist, d. h., ob die Kennung f_{PIN} im letzten Zyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine gesetzt oder zurückgesetzt wurde. Falls die Kennung f_{PIN} gesetzt ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 514, bei dem ein Zähler C_{PIN} um "1" inkrementiert wird. Der Wert bzw. Zählstand des Zählers C_{PIN} gibt an, wie oft im Schritt 511 kontinuierlich eine positive Antwort erhalten worden ist. Anschließend wird in einem Schritt 515 der Zählstand C_{PIN} mit einem vorgegebenen Wert $K_{C_{PIN}}$ verglichen. Falls $C_{PIN} \geq K_{C_{PIN}}$ ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 516, bei dem ein Sensor-Normalerfassungszustand eingestellt wird, und von dort zu einem Schritt 519. Wenn andererseits $C_{PIN} < K_{C_{PIN}}$ ist,
35 kehrt der Ablauf zum Schritt 520 der Fig. 20 zurück.

Wenn im Schritt 513 demgegenüber erkannt wird, daß die Kennung f_{PIN} zurückgesetzt ist, da beim letzten Ausführungszyklus kein Impuls zugeführt wurde, während im momentanen Ausführungszyklus ein Impuls zugeführt wird, kann entschieden werden, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit des rotierenden Körpers aus dem Niedrigdrehzahlbereich zunimmt. In dieser Situation ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß zwischen dem
40 letzten Impuls im vorhergehenden Ausführungszyklus und dem ersten Impuls im momentanen Ausführungszyklus ein Impuls oder mehrere Impulse vorliegen, die nicht erfaßt werden können. Folglich ist es notwendig, die Korrekturkoeffizienten für den ersten Impuls im momentanen Ausführungszyklus und nachfolgende Impulse nachzurechnen. Zu diesem Zweck verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 517, bei dem die Korrekturkoeffizienten für den unmittelbar vorausgehenden Umdrehungszyklus des Signalrotors 12 einschließlich der Korrekturkoeffizienten im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt auf den Wert "1" initialisiert werden und bei dem ein Sensor-Abnormalerfassungszustand eingestellt wird. Daraufhin verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 518, bei dem der Zähler C_{PIN} zurückgesetzt wird, und von dort weiter zum Schritt 519.

Im Schritt 519 wird die Kennung f_{PIN} gesetzt. Daraufhin verzweigt der Ablauf zum Schritt 520 der Fig. 20. Im Schritt 520 wird unter Zugrundelegung des Zustands der Kennung f_{PIN} geprüft, ob der Korrekturkoeffizient zu aktualisieren ist. Insbesondere ermöglicht es der Schritt 520 dem Ablauf, unter Umgehung des Schritts 530 zu
50 einem Schritt 540 zu verzweigen, wenn die Kennung f_{PIN} zurückgesetzt ist. Da in diesem Fall im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt kein Impuls zugeführt wird, wird die Raddrehzahl V_x im Schritt 540 nicht ermittelt und die Radbeschleunigung DV_x wird im Schritt 550 ebenfalls nicht ermittelt.

Andererseits ermöglicht es der Schritt 520 dem Ablauf, zum Schritt 530 zu verzweigen, wenn die Kennung f_{PIN} gesetzt ist. Wenn in diesem Fall der Sensor-Abnormalerfassungszustand im Schritt 517 eingestellt ist, d. h., wenn im letzten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt kein Impuls zugeführt wird, und wenn im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt lediglich ein einziger Impuls zugeführt wird, werden die Raddrehzahl V_x und die Radbeschleunigung DV_x im Schritt 540 bzw. 550 nicht ermittelt.

60 In Fig. 22 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 530 der Fig. 20 durchgeführte Korrekturkoeffizient-Aktualisierungsroutine näher gezeigt. Bei dieser Korrekturkoeffizient-Aktualisierungsroutine wird der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ auf gleiche Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel ermittelt, mit Ausnahme davon, daß der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k in Abhängigkeit von dem im Schritt 510 der Fig. 20 erfaßten Sensorausgangszustand umgeschaltet bzw. geändert wird.

65 Im einzelnen wird in einem Schritt 533 geprüft, ob der Sensorerfassungszustand in Abhängigkeit von der Einstellung im Schritt 516 oder 517 normal oder abnormal ist. Falls im Schritt 533 der Sensor-Abnormalerfassungszustand erkannt wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 534, bei dem der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k auf einen vorgegebenen, relativ großen Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten k_{FST} eingestellt

wird, der eine höhere Konvergenz- bzw. Annäherungsgeschwindigkeit des Korrekturkoeffizienten als normal liefert. Wenn im Schritt 533 demgegenüber der Sensor-Normalerfassungszustand erkannt wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 535, bei dem der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k auf einen normalen Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten k_{SLW} eingestellt wird, der kleiner als der Koeffizient k_{FST} ist und daher eine geringere Annäherungsgeschwindigkeit des Korrekturkoeffizienten liefert.

Es ist darauf hinzuweisen, daß der im Schritt 534 eingestellte Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k solange beibehalten wird, bis der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k im Schritt 534 bei einem weiteren Ausführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine erneut eingestellt wird. In ähnlicher Weise wird der im Schritt 535 eingestellte Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k solange aufrechterhalten, bis der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k im Schritt 534 bei einem weiteren Ausführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine erneut eingestellt wird.

Bei dem vorstehend beschriebenen vierten Ausführungsbeispiel wird der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ in gleicher Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel aktualisiert, wenn der Sensorzustand als normal eingestuft wird. Wenn sich der Pegel des Ausgangssignals des Sensors demgegenüber soweit verringert hat, daß der Sensorzustand als abnormal eingestuft wird, wird der Sensor- bzw. Korrektorempfindlichkeitskoeffizient k für eine vorgegebene Zeitdauer auf einen größeren Wert als normal eingestellt, um die Annäherungsgeschwindigkeit des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ zu erhöhen.

Nunmehr wird ein fünftes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Wenn sich der Pegel des Ausgangssignals des Sensors soweit verringert, daß die Positionsdaten des entsprechenden Drehungserfassungsabschnitts verloren gehen, wird der Korrektorempfindlichkeitskoeffizient bei dem vorstehend erläuterten vierten Ausführungsbeispiel so eingestellt, daß er eine Konvergenz des Korrekturkoeffizienten bei einer hohen Geschwindigkeit ermöglicht. Demgegenüber werden bei diesem fünften Ausführungsbeispiel die Positionsdaten nach dem Verlust der Positionsdaten unter Zugrundelegung von neu ermittelten Korrekturkoeffizienten korrigiert, um die vorhergehenden Korrekturkoeffizienten wirksam zu nutzen.

In Fig. 23 ist anhand eines Flußdiagramms eine Gleichabstands-Unterbrechungsroutine gemäß dem fünften Ausführungsbeispiel gezeigt. Diejenigen Verarbeitungsabläufe, auf die in der nachfolgenden Beschreibung nicht näher eingegangen wird, entsprechen im wesentlichen denen des ersten Ausführungsbeispiels, so daß eine erneute Erläuterung dieser Abläufe entbehrlich ist.

Gemäß Fig. 23 wird in einem Anfangsschritt 610 ein Ausgangszustand des Drehzahlsensors 12, 13 erfaßt. Der erfaßte Ausgangszustand des Sensors wird für die Entscheidung darüber verwendet, ob eine Speicherungs- und Initialisierungsroutine eines Schritts 640 ausgeführt werden soll.

In Fig. 24 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 610 der Fig. 23 durchgeführte Sensorausgangszustand-Erfassungsroutine näher gezeigt. Gemäß Fig. 24 wird in einem Anfangsschritt 611 zunächst geprüft, ob zwischen dem letzten und dem momentanen Ausführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ein Impuls zugeführt wird. Falls dies der Fall ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 613. Andernfalls verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 612, bei dem eine Kennung fp_{IN} auf den Wert "0" zurückgesetzt wird, und kehrt daraufhin zum Schritt 620 der Fig. 23 zurück.

Im Schritt 613 wird geprüft, ob die Kennung fp_{IN} gesetzt oder zurückgesetzt ist, d. h., ob die Kennung fp_{IN} im letzten Zyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine gesetzt oder zurückgesetzt wurde. Wenn die Kennung fp_{IN} gesetzt ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 615. Wenn die Kennung fp_{IN} demgegenüber zurückgesetzt ist, da beim letzten Ausführungszyklus kein Impuls zugeführt wurde, während im momentanen Ausführungszyklus ein Impuls zugeführt wird, kann wie beim vierten Ausführungsbeispiel gefolgert werden, daß die Umdrehungsgeschwindigkeit des rotierenden Körpers aus einem Niedrigdrehzahlbereich ansteigt. In dieser Situation ist die Wahrscheinlichkeit hoch, daß zwischen dem letzten Impuls im vorhergehenden Ausführungszyklus und dem ersten Impuls im momentanen Ausführungszyklus ein oder mehrere Impulse mit niedrigem Pegel vorliegen, die nicht erfaßt werden können. Folglich ist es notwendig, die Korrekturkoeffizienten für den ersten Impuls im momentanen Ausführungszyklus sowie nachfolgende Impulse nachzurechnen. Zu diesem Zweck verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 614, bei dem ein Sensor-Abnormalerfassungszustand eingestellt wird, und verzweigt anschließend zum Schritt 615.

Im Schritt 615 wird die Kennung fp_{IN} gesetzt. Anschließend kehrt der Ablauf zum Schritt 620 der Fig. 23 zurück. Im Schritt 620 wird geprüft, ob der Korrekturkoeffizient unter Zugrundelegung des Zustands der Kennung fp_{IN} zu aktualisieren ist. Im einzelnen ermöglicht es der Schritt 620 dem Ablauf, unter Umgehung der Schritte 630 bis 670 zu einem Schritt 680 zu verzweigen, wenn die Kennung fp_{IN} zurückgesetzt ist. Andererseits ermöglicht es der Schritt 620 dem Ablauf, zum Schritt 630 zu verzweigen, wenn die Kennung fp_{IN} gesetzt ist.

Im Schritt 630 wird geprüft, ob der Sensor-Abnormalerfassungszustand im Schritt 614 der Fig. 24 eingestellt ist. Wenn ein derartiger Zustand im Schritt 614 eingestellt ist, ermöglicht es der Schritt 630 dem Ablauf, zum Schritt 640 zu verzweigen. Im Schritt 640 werden die Korrekturkoeffizienten für den letzten Umdrehungszyklus des Signalrotors 12 einschließlich der Koeffizienten im neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt im RAM der ECU 14 in der Reihenfolge der Drehungserfassungsabschnitte des Signalrotors 12 gespeichert. Mit anderen Worten, im Schritt 640 werden die Korrekturkoeffizienten der Drehungserfassungsabschnitte (der Drehungserfassungsabschnitt-Nummern 1 bis 48) gespeichert, die bis zum momentanen Ausführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine ermittelt wurden. Anschließend werden im Schritt 640 all diese Korrekturkoeffizienten auf einen Wert "1" initialisiert, während die gespeicherten Werte der Korrekturkoeffizienten beibehalten werden. Der Ablauf schreitet dann zum Schritt 650 fort.

Wenn der Sensor-Abnormalerfassungszustand im Schritt 614 demgegenüber nicht eingestellt ist, ermöglicht es der Schritt 630 dem Ablauf, aufeinanderfolgend zu den Schritten 670 bis 690 zu verzweigen, bei denen die Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ aktualisiert und die Raddrehzahl sowie die Radbeschleunigung in gleicher Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel ermittelt werden.

Im Schritt 650 werden die Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ in gleicher Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel aktualisiert. Daraufhin verzweigt der Ablauf zum Schritt 660, bei dem zwischen den gespeicherten Werten der Korrekturkoeffizienten und den im Schritt 650 aktualisierten Korrekturkoeffizienten eine Musteranpassung durchgeführt wird. Die in diesem Schritt ausgeführte Musteranpassung dient zur Ermittlung, welchen der gespeicherten Korrekturkoeffizienten die im Schritt 650 aktualisierten Korrekturkoeffizienten entsprechen, d. h. welchen der vor der Ermittlung des Sensor-Abnormalerfassungszustands hergeleiteten Korrekturkoeffizienten die im Schritt 650 aktualisierten Korrekturkoeffizienten entsprechen. Folglich kann mittels dieses Musteranpassungsverfahrens entschieden werden, welchen der Drehungserfassungsabschnitte die im Schritt 650 aktualisierten Korrekturkoeffizienten entsprechen. Dies macht es möglich, daß die Drehungserfassungsabschnitte innerhalb einer kurzen Zeit die genau entsprechenden, vor der Ermittlung des Sensor-Abnormalerfassungszustands erhaltenen Korrekturkoeffizienten wieder einnehmen. Im Schritt 660 wird weiterhin eine Verarbeitung für eine dahingehende Ermittlung durchgeführt, ob die Musteranpassung beendet ist. Das Ergebnis dieser Ermittlung schlägt sich auf die Korrekturverarbeitung einer Signalperiode Δt_n in der Impuls-Unterbrechungsroutine nieder. Bei der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine dieses Ausführungsbeispiels werden die Raddrehzahl und die Radbeschleunigung folglich wie beim ersten Ausführungsbeispiel unabhängig von der Beendigung der Musteranpassung ermittelt.

In Fig. 25 ist anhand eines Flußdiagramms eine Korrekturroutine für die Signalzeitdauer Δt_n gezeigt. Die grundlegende Arbeitsweise dieser Korrekturroutine ist die gleiche wie die der in Fig. 4 des ersten Ausführungsbeispiels gezeigten, mit Ausnahme davon, daß der Schritt 123 der Fig. 4 durch Schritte 713 bis 715 ersetzt ist.

Nachdem die Signalzeitdauer Δt_n in einem Schritt 712 gespeichert worden ist, wird in einem Schritt 713 geprüft, ob die Musteranpassung im Schritt 660 beendet ist. Falls dies im Schritt 713 bejaht wird, verzweigt der Ablauf zum Schritt 714, bei dem die Signalzeitdauer Δt_n unter Verwendung des Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ korrigiert wird, und daraufhin zu einem Schritt 716. Wenn im Schritt 713 demgegenüber eine negative Antwort erhalten wird, verzweigt der Ablauf zum Schritt 715, bei dem die Signalzeitdauer Δt_n nicht korrigiert wird, d. h., daß der Korrekturkoeffizient $\omega_{n,m}$ den Wert "1" hat, um eine Herleitung der Raddrehzahl und der Radbeschleunigung auf der Basis einer fehlerhaft korrigierten Signalperiode Δt_n zu verhindern.

Nunmehr wird die im Schritt 660 durchgeführte Musteranpassung unter Bezugnahme auf das in Fig. 26 gezeigte Flußdiagramm im einzelnen erläutert.

In Fig. 26 werden mittels der Schritte 661 bis 667 die nach Ermittlung des Sensor-Abnormalerfassungszustands ermittelten neuen Korrekturkoeffizienten und die im Schritt 640 gespeicherten Korrekturkoeffizienten unter Verwendung der Methode der kleinsten Quadrate ermittelt.

Im Anfangsschritt 661 wird ein Berechnungswert H_{PLS} auf den Wert "0" initialisiert. Daraufhin wird im Schritt 662 eine einen Verschiebungswert der Drehungserfassungsabschnitte angegebende Variable i auf den Wert "0" initialisiert. Daraufhin verzweigt der Ablauf zum Schritt 663, bei dem ein akkumulierter Wert bzw. Summenwert quadratischer Fehler unter Verwendung folgender Gleichung (13) berechnet wird:

$$Hd_{PLS} = \sum_{n=1}^{48} (\omega_n - \omega'_{n+1})^2 \quad (13)$$

In obiger Gleichung sind mit ω_n und ω'_n neue bzw. gespeicherte Korrekturkoeffizienten des Drehungserfassungsabschnitts mit der Nummer n bezeichnet, wobei mit n ein von 1 bis 48 laufender Wert bezeichnet ist. Wenn beispielsweise $n=45$ und $i=10$, erhält man: $n+10=55 \rightarrow 55-48=7$.

In diesem Zusammenhang wird auf das in Fig. 27 gezeigte Diagramm verwiesen, in dem das der Gleichung (13) zugrundeliegende Konzept erläutert ist.

Anschließend verzweigt der Ablauf zum Schritt 664, bei dem der im Schritt 663 berechnete Quadratfehler-Summenwert HD_{PLS} mit dem Berechnungswert H_{PLS} verglichen wird. Wenn $HD_{PLS} < H_{PLS}$ ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 665, bei dem der Berechnungswert H_{PLS} auf den Summenwert HD_{PLS} eingestellt wird. Im Schritt 665 wird ferner der momentane Verschiebungswert bzw. Laufindex i als N_{PLS} eingestellt. Folglich wird der Berechnungswert H_{PLS} im Schritt 665 auf den minimalen Wert eingestellt, wobei der entsprechende Verschiebungswert N_{PLS} ist. Anschließend verzweigt der Ablauf zum Schritt 666. Wenn demgegenüber $HD_{PLS} \geq H_{PLS}$ ist, verzweigt der Ablauf unmittelbar zum Schritt 666.

Man erkennt, daß der Ablauf unter Auslassung des Schritts 664 vom Schritt 663 zum Schritt 665 verzweigt, wenn $i=0$, so daß der zuerst berechnete Summenwert HD_{PLS} als H_{PLS} eingestellt und der Verschiebungswert i ($=0$) als N_{PLS} eingestellt wird.

Im Schritt 666 wird geprüft, ob der Verschiebungswert i den Wert "47" erreicht, d. h., ob im Schritt 663 die allen Verschiebungswerten i ($=0$ bis 47) entsprechenden Summenwerte HD_{PLS} berechnet sind. Falls dieser Wert noch nicht erreicht ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 667, bei dem der Verschiebungswert i um "1" inkrementiert wird, um dadurch die Verarbeitungsabläufe der Schritte 663 bis 666 zu wiederholen. Wenn der Verschiebungswert bzw. Laufindex i demgegenüber den Wert "47" erreicht, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 668, bei dem der im Schritt 665 eingestellte Berechnungswert H_{PLS} mit einem vorgegebenen Wert KH_{PLS} verglichen wird. Der Wert KH_{PLS} gibt einen Entscheidungswert an, mit dem bestimmt wird, ob die Musteranpassung beendet ist oder nicht. Das heißt, wenn $H_{PLS} \leq KH_{PLS}$, wird entschieden, daß die Musteranpassung beendet ist, worauf der Ablauf zu einem Schritt 669 verzweigt. Wenn demgegenüber $H_{PLS} > KH_{PLS}$ ist, wird entschieden, daß die Musteranpassung unvollständig ist, worauf der Ablauf zum Schritt 680 der Fig. 23 verzweigt. Der Entscheidungswert KH_{PLS} wird vorgesehen, um sicherzustellen, daß eine ausreichende Anzahl von neu ermittelten Korrekturkoeffizienten ω_n im Schritt 663 errechnet werden.

Es ist ersichtlich, daß wenn $H_{PLS} > KH_{PLS}$ im Schritt 668 ist, der Ablauf vom Schritt 670 (Fig. 23) solange zum Schritt 660 im nächsten und in den nachfolgenden Ausführungszyklen der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine verzweigt, bis im Schritt 668 als Antwort erhalten wird, daß $H_{PLS} \leq KH_{PLS}$ ist.

Im Schritt 669 werden die Drehungserfassungsabschnitt-Nummern den Impulsen erneut zugeordnet. Das heißt, der im Schritt 665 eingestellte und daher dem minimalen Berechnungswert H_{PLS} entsprechende Verschiebungswert N_{PLS} wird zu jeder der Nummern hinzuaddiert, die den neuen, bis zum momentanen Ausführungszyklus der Gleichabstands-Unterbrechungsroutine erhaltenen Impulsen zugeordnet sind. Es ist ersichtlich, daß die Addition des Verschiebungswerts N_{PLS} in einer periodischen Art und Weise durchgeführt wird, wie dies unter Bezugnahme auf die voranstehende Gleichung (13) erläutert wurde. Als Folge davon können die gespeicherten Korrekturkoeffizienten anschließend auf die korrekten Drehungserfassungsabschnitte angewandt werden.

Der Ablauf verzweigt daraufhin zu einem Schritt 66A, bei dem ein die Beendigung der Musteranpassung anzeigender Zustand eingestellt wird, so daß der Schritt 713 der Fig. 25 den Abschluß der Musteranpassung erkennen kann.

Aufgrund eines Verarbeitungsfehlers des Signalrotors 12 können die Zähne, d. h. die Drehungserfassungsabschnitte des Signalrotors 12, eine durchgehende große Wölbung oder Welle während einer Umdrehung desselben aufweisen. In diesem Fall kann der Schritt 663 der Fig. 26 durch folgende Gleichung (14) ersetzt werden:

$$\begin{aligned} H_{PLS} &= (D_1 - D'_{1+i})^2 + \left(\sum_{n=1}^2 D_n - \sum_{n=1}^2 D'_{n+i} \right)^2 \\ &+ \left(\sum_{n=1}^3 D_n - \sum_{n=1}^3 D'_{n+i} \right)^2 + \dots + \left(\sum_{n=1}^{48} D_n - \sum_{n=1}^{48} D'_{n+i} \right)^2 \\ &= \sum_{n=1}^{48} \left(\sum_{n=1}^m D_n - \sum_{n=1}^m D'_{n+i} \right)^2 \end{aligned}$$

(14)

In dieser Gleichung ist mit n ein periodischer Wert bzw. Laufindex von 1 bis 48 bezeichnet, während D_n den Ausdruck $(\omega_n - 1)$ und D'_n den Ausdruck $(\omega'_n - 1)$ darstellt.

Nunmehr wird ein sechstes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Das sechste Ausführungsbeispiel dient dazu, eine solche Abweichung des Korrekturkoeffizienten zu korrigieren, die auf eine fehlerhafte Korrektur einer Impulssignalzeitdauer zurückzuführen ist, die dann hervorgerufen wird, wenn die Beschleunigung oder Verzögerung für eine bestimmte Zeitspanne andauert.

Beispielsweise werden während der Beschleunigung des Fahrzeugs die Impulssignalzeitdauern allmählich verkleinert. Folglich ist die neueste Signalzeitdauer kleiner als ein Durchschnittswert S von 48 Signalzeitdauern. Bei den voranstehenden Ausführungsbeispielen wird jede Signalzeitdauer korrigiert, um den Durchschnittswert S durch Multiplikation der Signalzeitdauer mit dem entsprechenden Korrekturkoeffizienten ω_n anzunähern. Wenn die Beschleunigung für die bestimmte Zeitspanne andauert, wird folglich die Korrektur zur Vergrößerung jeder Signalzeitdauer fortgesetzt, so daß die Korrekturkoeffizienten aller Drehungserfassungsabschnitte im Vergleich zu denjenigen zunehmen, die bei einer Fahrt mit konstanter Geschwindigkeit erhalten werden, wie dies in Fig. 28 gezeigt ist. Bei einer Verzögerung des Fahrzeugs werden die Korrekturkoeffizienten demgegenüber kleiner als diejenigen, die bei konstanter Geschwindigkeit erhalten werden, wie gleichfalls aus Fig. 28 ersichtlich ist.

Beim sechsten Ausführungsbeispiel wird der Korrekturkoeffizient ω_n des Drehungserfassungsabschnitts folglich unter Verwendung eines Durchschnittswerts der Korrekturkoeffizienten ω_n aller Drehungserfassungsabschnitte korrigiert, um das fehlerhafte Lernen bzw. Einstellen der Korrekturkoeffizienten während der Beschleunigung oder Verzögerung des Fahrzeugs zu korrigieren.

In Fig. 29 ist anhand eines Flußdiagramms eine Korrekturroutine für die Korrekturkoeffizienten ω_n gezeigt. Gemäß Fig. 29 werden in einem Anfangsschritt 710 die Korrekturkoeffizienten ω_n unter Verwendung der vorstehenden Gleichung (3) ermittelt. Anschließend wird in einem Schritt 720 der Durchschnittswert der Korrekturkoeffizienten ω_n aller Drehungserfassungsabschnitte unter Verwendung folgender Gleichung (15) hergeleitet:

$$\bar{\omega}_n = \sum_{n=1}^{48} \omega_n / 48 \quad (15)$$

Anschließend wird in einem Schritt 730 der Korrekturkoeffizient ω_n unter Verwendung folgender Gleichungen (16) und (17) korrigiert:

$$\omega_h = \omega_n - \Delta\omega_n \quad (16)$$

$$\Delta\omega_n = \bar{\omega}_n - 1 \quad (17)$$

Man erkennt, daß $\Delta\omega_n$ einen in Fig. 28 gestrichelt dargestellten Bereich unterhalb oder oberhalb des Werts "1" repräsentiert, der die durch die Beschleunigung oder Verzögerung des Fahrzeugs hervorgerufene Abweichung des Korrekturkoeffizienten ω_n angibt. Ein fehlerhaftes Lernen des Korrekturkoeffizienten ω_n aufgrund der Beschleunigung oder Verzögerung des Fahrzeugs kann folglich auf der Basis der Gleichung (16) korrigiert werden.

Nunmehr wird ein siebtes Ausführungsbeispiel näher erläutert.

Mit dem siebten Ausführungsbeispiel soll eine fehlerhafte Verschiebung der den zugeführten Impulsen zugeordneten Drehungserfassungsabschnitt-Nummern verhindert werden, die durch ein Abbrechen bzw. eine Beschädigung der Drehungserfassungsabschnitte oder durch Anhaften von fremdem Material an den Drehungserfassungsabschnitten hervorgerufen wird.

In Fig. 30 ist anhand eines Flußdiagramms eine Nummerzuordnungsroutine gemäß dem siebten Ausführungsbeispiel gezeigt. Diese Nummerzuordnungsroutine entspricht dem Schritt 121 der Fig. 4. Gemäß Fig. 30 wird in einem Anfangsschritt 810 dem jeweils empfangenen Impuls die Drehungserfassungsabschnitts-Nummer zugewiesen. Daraufhin wird die dem empfangenen Impuls zugewiesene Drehungserfassungsabschnitt-Nummer in einem Schritt 820 korrigiert, wenn der abnormale Zustand auftritt.

In Fig. 31 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 820 der Fig. 30 durchgeführte Zuweisungsnummer-Korrekturroutine gezeigt. Gemäß Fig. 31 wird in einem Anfangsschritt 821 der abnormale Zustand des Drehungserfassungsabschnitts durch Ermittlung eines Verhältnisses der neuesten Signalperiode Δt_n zur letzten Signalperiode Δt_{n-1} unter Verwendung folgender Gleichung (18) erfaßt:

$$\alpha_n = \Delta t_n / \Delta t_{n-1} \quad (18).$$

Wenn beispielsweise die Drehungserfassungsabschnitt-Nummer 3 des Signalrotors 12 fehlt, nimmt die Dauer der Signalperiode Δt_3 gemäß der Darstellung in Fig. 32(A) zu. Wenn dementsprechend im Schritt 821 festgestellt wird, daß $\alpha_n \geq 2$ ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 822, womit erkannt wird, daß der entsprechende Zahn des Signalrotors 12 fehlt. Da ein zuzuführender Impuls P3 nicht zugeführt wird, erhalten die Drehungserfassungsabschnitt-Nummern, die den empfangenen Impulsen als 4, 5, 6 ... zugewiesen werden sollten, die Werte 3, 4, 5 ..., wie aus der Darstellung der Fig. 32(A) ersichtlich ist. Dies bedeutet, daß die den empfangenen Impulsen zuzuweisenden Drehungserfassungsabschnitt-Nummern um "1" verringert sind. Demgemäß wird in einem Schritt 822 zu der dem im Schritt 810 empfangenen Impuls zugeordneten Nummer n der Wert "1" addiert (3 → 4). Da die Signalperiode Δt_3 eine abnormale Signalperiode darstellt, wird Δt_3 in einem Schritt 823 ausgeschlossen, so daß Δt_3 bei der Ermittlung des Korrekturkoeffizienten ω_n , der Raddrehzahl und der Radbeschleunigung nicht verwendet wird. Da Δt_3 und Δt_4 annullierte Werte darstellen, wird die wirksame Gesamtzahl N der Signalperioden für eine Umdrehung des Signalrotors 12 um "2" verringert. Demgemäß wird in einem Schritt 824 die wirksame Gesamtzahl N auf $N-2$ eingestellt, womit diese Korrekturroutine beendet ist.

Wenn demgegenüber gemäß der Darstellung in Fig. 32(B) zwischen Impulsen P2 und P3 beispielsweise aufgrund des Anhaftens von fremdem Material am Rotationserfassungsabschnitt des Signalrotors 12 ein falscher Impuls P3' zugeführt wird, wird die entsprechende Zeitdauer von Δt_{31} kurz. Wenn im Schritt 821 demgemäß festgestellt wird, daß $\alpha_n \leq 0,5$ ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 825, womit erkannt wird, daß der falsche Impuls zugeführt wurde. Da der falsche Impuls P3', der nicht hätte zugeführt werden sollen, zugeführt wurde, nehmen die Drehungserfassungsabschnitt-Nummern, die den empfangenen Impulsen als 3, 4, 5 ... hätten zugewiesen werden sollen, die Werte 4, 5, 6 ... an, wie aus Fig. 32(B) ersichtlich ist. Dies bedeutet, daß die den empfangenen Impulsen zuzuweisenden Drehungserfassungsabschnitt-Nummern um "1" erhöht werden. Dementsprechend wird von der dem im Schritt 810 empfangenen Impuls zugeordneten Nummer n in einem Schritt 825 der Wert "1" subtrahiert (3 → 2). Da Δt_{31} und Δt_{32} jeweils abnormale Signalzeitdauern darstellen, werden Δt_{31} und Δt_{32} in einem Schritt 826 ausgeschlossen, so daß Δt_{31} und Δt_{32} bei der Ermittlung des Korrekturkoeffizienten ω_n , der Raddrehzahl und der Radbeschleunigung nicht verwendet werden. Da Δt_{31} einen annullierten Wert darstellt, wird darüber hinaus die wirksame Gesamtzahl N der Signalperioden für eine Umdrehung des Signalrotors 12 um "1" verringert. Demgemäß wird die wirksame Gesamtzahl N in einem Schritt 827 auf $N-1$ eingestellt, womit diese Korrekturroutine beendet ist.

Wenn im Schritt 821 andererseits festgestellt wird, daß $0,5 < \alpha_n < 2$ gilt, wird diese Korrekturroutine beendet, da hiermit erkannt wird, daß kein abnormaler Zustand des entsprechenden Drehungserfassungsabschnitts vorliegt.

Nunmehr wird ein achttes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben.

Mit dem achten Ausführungsbeispiel sollen unter Verwendung einer Vielzahl von adaptiven Filtern mit unterschiedlichen Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten durch verschiedene Ursachen hervorgerufene Änderungen des Korrekturkoeffizienten ausgeschaltet werden.

Es sind zwei Gründe, die als ursächlich für das Hervorrufen der in Fig. 8(A) gezeigten Fehlabweichung in den Signalzeitdauern angesehen werden. Der erste Grund ist der Verarbeitungsfehler der Drehungserfassungsabschnitte des Signalrotors 12, während der zweite Grund eine Änderung in der Reifenform aufgrund einer Änderung des Fahrzustands ist, wie beispielsweise der Raddrehzahl und des Zustands der Straßenoberfläche.

In Fig. 33 sind Zeitbereichsänderungen bzw. zeitliche Änderungen von Korrekturkoeffizienten ω_{na} und ω_{nb} gezeigt, mittels derer die durch die beiden genannten Gründe hervorgerufenen Abweichungen der Signalzeitdauer korrigiert werden. Wie aus Fig. 33 ersichtlich ist, unterscheiden sich die Zeitbereichsänderungen der Korrekturkoeffizienten ω_{na} und ω_{nb} voneinander, da die durch den Zustand der Straßenoberfläche hervorgerufene Vibration und die auf die jeweilige Beschleunigung oder Verzögerung des Fahrzeugs zurückzuführende Vibration, in denen die Änderungsfaktoren der Korrekturkoeffizienten zu sehen sind, die Korrekturkoeffizienten ω_{na} und ω_{nb} in unterschiedlichem Maße beeinflussen. Indem in Aufeinanderfolge ein erstes und ein zweites

adaptives Filter (von denen jedes durch die vorstehenden Gleichungen (3) bis (5) repräsentiert wird) vorgesehen wird, die Korrektorempfindlichkeitskoeffizienten k_1 und k_2 aufweisen, die den jeweiligen Zeitbereichsänderungen der Korrekturkoeffizienten ω_{na} und ω_{nb} angepaßt sind, können die jeweiligen Änderungen separat ausgeschaltet werden.

Nachfolgend wird ein neuntes Ausführungsbeispiel der Erfindung beschrieben.

Bei dem neunten Ausführungsbeispiel können die jeweiligen Zeitbereichsänderungen, die sich aufgrund der erwähnten beiden Gründe voneinander unterscheiden, unter Verwendung eines einzigen adaptiven Filters separat ausgeschaltet werden.

In Fig. 34 ist anhand eines Flußdiagramms eine Aktualisierungsroutine für den Korrekturkoeffizienten $\omega_{n,m}$ gezeigt. Gemäß der Erläuterung im voranstehenden achten Ausführungsbeispiel weist der Korrekturkoeffizient die zwei unterschiedlichen Zustände der Zeitbereichsänderungen auf.

Demgemäß wird die dem erwähnten ersten Grund entsprechende Änderung des Korrekturkoeffizienten in einem Schritt 910 unter Verwendung folgender Gleichungen (19) und (20) eliminiert:

$$\omega'_{n,m} = \omega'_{n,m-1} \frac{S - \omega'_{n,m-1} x \Delta t_n}{S} + K_1 \quad (19)$$

$$S = \sum_{n=1}^{48} \Delta t_n / 48 \quad (20)$$

In diesen Gleichungen ist mit K_1 ein erster Korrektorempfindlichkeitskoeffizient bezeichnet.

Anschließend wird die dem erwähnten zweiten Grund entsprechende Änderung des Korrekturkoeffizienten in einem Schritt 920 unter Verwendung folgender Gleichungen (21) und (22) eliminiert:

$$\omega_{n,m} = \omega_{n,m-1} + \frac{S - \omega'_{n,m} \cdot \omega_{n,m-1} x \Delta t_n}{S} K_2 \quad (21)$$

$$S = \sum_{n=1}^{48} \Delta t_n / 48 \quad (22)$$

In diesen Gleichungen ist mit K_2 ein zweiter Korrektorempfindlichkeitskoeffizient bezeichnet.

Mit dem die vorstehende Struktur aufweisenden neunten Ausführungsbeispiel können die jeweiligen, den erwähnten beiden Gründen entsprechenden Änderungen des Korrekturkoeffizienten mittels des einzigen adaptiven Filters eliminiert werden.

Bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen wird die Erfindung für ein Drehzahlerfassungsgerät verwendet, das einen Raddrehzahlsensor für das Fahrzeug aufweist. Die entsprechend der Lehre der vorstehenden Ausführungsbeispiele ermittelte Raddrehzahl und Radbeschleunigung können beispielsweise für ein Antischlupf-Steuerungssystem, ein Traktions-Steuerungssystem, ein Konstantgeschwindigkeits-Steuerungssystem ("Tempomat") und für ein Reifendruck-Erfassungssystem wirksam verwendet werden. Die Erfindung kann nicht nur bei einem solchen Drehzahlerfassungsgerät verwendet werden, das Raddrehzahlsensoren aufweist, sondern auch bei allen anderen Drehzahlerfassungsgeräten, solange diese die Drehzahl eines rotierenden Körpers an einem solchen Ort erfassen, an dem der rotierende Körper einer Vibration oder dergleichen ausgesetzt ist.

Wie mehrfach erwähnt wurde, werden die Korrekturkoeffizienten bei den vorstehenden Ausführungsbeispielen jeweils den Werten angenähert, welche die durch einen abnormalen Zustand, wie beispielsweise einen Verarbeitungsfehler der entsprechenden Drehungserfassungsabschnitte hervorgerufene Abweichung der entsprechenden Signalzeitdauern darstellen. Demzufolge können die Raddrehzahl und somit auch die Radbeschleunigung äußerst exakt ermittelt werden.

Nunmehr wird ein zehntes Ausführungsbeispiel der Erfindung näher erläutert.

Bei dem zehnten Ausführungsbeispiel wird die bei den vorstehenden Ausführungsbeispielen ermittelte Raddrehzahl in einem Reifendruck-Erfassungsgesamt verwendet.

In Fig. 35 ist der Gesamtaufbau des zehnten Ausführungsbeispiels in einer schematischen Darstellung gezeigt.

Gemäß Fig. 35 sind Raddrehzahlsensoren vorgesehen, die Fahrzeugrädern 1a bis 1d zugeordnet sind. Die Räder 1a und 1b sind Antriebsräder, während die Räder 1c und 1d antriebslose Räder sind. Die Raddrehzahlsensoren weisen Signalrotoren 12a bis 12d und jeweils entsprechende elektromagnetische Aufnehmer 13a bis 13d auf. Jeder der Signalrotoren 12a bis 12d ist aus einem scheibenförmigen magnetischen Material gebildet und coaxial auf einer (nicht gezeigten) Drehwelle des entsprechenden Fahrzeugrads befestigt. Jeder der Aufnehmer 13a bis 13d ist in der Nähe des entsprechenden Signalrotors unter einem vorgegebenen Abstand von diesem angeordnet und gibt in gleicher Weise wie der Aufnehmer 13 der voranstehenden Ausführungsbeispiele ein Erfassungssignal aus. Jeder der Aufnehmer 13a bis 13d gibt folglich ein Erfassungssignal aus, dessen Signalzeitdauern eine Drehzahl des entsprechenden Signalrotors und damit des entsprechenden Fahrzeugrads angeben. Jedes der Erfassungssignale aus den Aufnehmern 13a bis 13d wird der ECU 14 zugeführt, um wie bei den

voranstehenden Ausführungsbeispielen verarbeitet zu werden, so daß die Drehzahlen der vier Fahrzeugräder 1a bis 1d exakt überwacht werden. Die ECU 14 verarbeitet die überwachten Raddrehzahlen darüber hinaus in der Weise, daß jeweils der Druck der vier Reifen überwacht werden kann. Eine Anzeigeeinheit 15 kann die jeweiligen Druckzustände der vier Reifen unabhängig voneinander anzeigen oder kann eine einzelne Alarmlampe aufweisen, die aufleuchtet, wenn der Druck irgendeines der Reifen unterhalb einen Referenz- bzw. Solldruck fällt, um den Fahrer entsprechend zu informieren.

Nunmehr wird das diesem Ausführungsbeispiel zugrundeliegende Prinzip der Erfassung des Reifendrucks näher erläutert.

Wenn das Fahrzeug beispielsweise auf einer gepflasterten Asphaltstraßenfläche fährt, wird jeder Reifen Kräften in vertikaler (aufwärts-abwärts) und longitudinaler (vorwärts-rückwärts) Richtung unterzogen, was auf eine geringfügige Rauigkeit der Straßenoberfläche zurückzuführen ist, so daß jeder Reifen aufgrund der einwirkenden Kräfte in vertikaler und longitudinaler Richtung vibriert. In Fig. 36 ist eine Frequenzcharakteristik der Beschleunigung der ungefederten Fahrzeugmassen während der entsprechenden Reifenvibration dargestellt. Gemäß Fig. 36 weist die Frequenzcharakteristik der Beschleunigung Spitzenwerte an zwei Punkten A und B auf. Der Punkt A stellt eine Resonanzfrequenz der ungefederten Massen in den vertikalen Richtungen dar, während der Punkt B eine Resonanzfrequenz der ungefederten Massen in den longitudinalen bzw. Längsrichtungen darstellt.

Wenn sich der Reifendruck demgegenüber deshalb ändert, weil sich eine Federkonstante eines Gummibereichs des Reifens ebenfalls ändert, ändert sich die jeweilige Resonanzfrequenz in den vertikalen und Längsrichtungen ebenfalls. Wenn beispielsweise der Reifendruck abfällt, nimmt die Federkonstante des Gummibereichs des Reifens gemäß der Darstellung in Fig. 37 ebenfalls ab, so daß die jeweilige Resonanzfrequenz sowohl in den vertikalen als auch in den Längsrichtungen gleichfalls abnimmt. Durch Extraktion bzw. Erfassen mindestens einer der Resonanzfrequenzen in den vertikalen und Längsrichtungen aus den Reifen-Vibrationsfrequenzen ist es daher möglich, den Druckzustand unter Zugrundelegung der erfaßten Resonanzfrequenz zu ermitteln.

Zu diesem Zweck wird bei diesem Ausführungsbeispiel die Resonanzfrequenz der ungefederten Massen in vertikaler oder Längsrichtung aus dem von den Raddrehzahlsensoren ausgegebenen Erfassungssignal extrahiert. Untersuchungen der Erfinder haben ergeben, daß das aus dem Raddrehzahlsensor stammende Erfassungssignal Frequenzkomponenten der entsprechenden Reifenvibration enthält. Nach Durchführung einer Frequenzanalyse des Erfassungssignals aus dem Raddrehzahlsensor wurde insbesondere herausgefunden, daß gemäß der Darstellung in Fig. 38 an zwei Punkten dieser Frequenzen Spitzenwerte auftreten und daß diese Frequenzen beide verringert werden, wenn der Reifendruck abnimmt. Durch Überwachen mindestens einer dieser Frequenzen ist es folglich möglich, den Zustand des Reifendrucks zu erfassen.

Da ein mit einer Antischlupfsteuerung ausgerüstetes Fahrzeug für jedes seiner Räder einen eigenen Raddrehzahlsensor aufweist, kann der Reifendruck entsprechend der Lehre dieses Ausführungsbeispiels erfaßt werden, ohne daß zusätzliche Sensoren benötigt werden.

In Fig. 39 ist anhand eines Flußdiagramms eine von der ECU 14 durchzuführende Routine zur Ermittlung eines Reifendruckzustands für jedes der vier Räder dargestellt. Die ECU 14 führt im Flußdiagramm gezeigte Schritte 1020 bis 1090 für jedes der Fahrzeugräder 1a bis 1d parallel aus, um die erforderlichen Daten für jedes der Räder 1a bis 1d zu ermitteln. Daraufhin wird in einem Schritt 1100 auf der Basis der für die vier Räder erhaltenen Daten ermittelt, ob die Reifendruckerfassung für einen oder mehrere der Räder 1a bis 1d verhindert werden sollte. Im Schritt 1100 wird für dasjenige Rad keine Reifendruckerfassung durchgeführt, dessen Reifendruckerfassung verhindert bzw. gesperrt ist. Wenn die Reifendruckerfassung demgegenüber für alle vier Räder 1a bis 1d erlaubt ist, wird im Schritt 1100 der Reifendruckzustand für jedes der vier Räder unter Verwendung einer an dem entsprechenden Rad ermittelten Resonanzfrequenz der ungefederten Massen ermittelt. Wenn der Reifendruck unter den genannten Sollwert fällt, wird der Fahrer darüber hinaus im Schritt 1100 über die Anzeigeeinheit 15 alarmiert. Es sei darauf hingewiesen, daß der Alarm für jeden der Reifen durchgeführt wird.

Gemäß Fig. 39 werden in einem Anfangsschritt 1010 zunächst verschiedene im RAM gespeicherte Werte initialisiert und auf Anfangswerte eingestellt. Anschließend wird in einem Schritt 1020 eine Raddrehzahl V_x in gleicher Weise wie bei den vorangehenden Ausführungsbeispielen ermittelt. Die Raddrehzahl V_x wird im RAM gespeichert, um als Datenwert für eine später beschriebene Frequenzanalyse unter Verwendung einer schnellen Fourier-Transformation (die nachfolgend auch als "FFT-Berechnung" bezeichnet wird) zu dienen.

Im Schritt 1020 wird darüber hinaus jedesmal dann ein Zähler N1 um "1" inkrementiert, wenn die Raddrehzahl V_x ermittelt wird, d. h. bei jeder Durchführung dieses Schritts. Anschließend wird in einem Schritt 1030 geprüft, ob der Zählstand des Zählers N1 einen vorgegebenen Wert n_0 erreicht. Der vorgegebene Wert n_0 gibt die Anzahl der für die FFT-Berechnung erforderlichen Daten an. Falls der Zählstand $N1 < n_0$ ist, wird die Durchführung des Schritts 1020 wiederholt. Wenn demgegenüber $N1 \geq n_0$ ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1040, bei dem der Zählstand des Zählers N1 auf "0" zurückgesetzt und bei dem weiterhin ein Zähler N2 um "1" inkrementiert wird. Der Zählstand des Zählers N2 gibt die Anzahl der Durchführungen der FFT-Berechnungen an.

Daraufhin verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1050, bei dem die FFT-Berechnung der im Schritt 1020 ermittelten Raddrehzahlen V_x durchgeführt wird. In Fig. 40 ist ein beispielhaftes Ergebnis der im Schritt 1050 durchgeführten FFT-Berechnung dargestellt. Wenn die FFT-Berechnung an solchen Raddrehzahlen durchgeführt wird, die bei einem auf einer gewöhnlichen Straße fahrenden Fahrzeug erhalten werden, wird die Frequenzcharakteristik gemäß der Darstellung in Fig. 40 normalerweise deutlich zufällig. Dies ist auf die Unregelmäßigkeiten der Straßenoberfläche zurückzuführen. Die Frequenzcharakteristik ändert sich demzufolge bei jedem Datenwert der Raddrehzahl. Um diese Änderung der Frequenzcharakteristik soweit wie möglich zu verringern, werden die FFT-Berechnungen bei diesem Ausführungsbeispiel mehrere Male ausgeführt, um einen Durchschnittswert der Ergebnisse der FFT-Berechnungen zu ermitteln. Zu diesem Zweck wird im Schritt 1060

geprüft, ob der Zählstand des Zählers N2 einen vorgegebenen Wert n1 erreicht. Falls $N2 < n1$ ist, wird die Durchführung der Schritte 1020 bis 1050 wiederholt.

Wenn im Schritt 1060 demgegenüber erkannt wird, daß $N2 \geq n1$ ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1070, bei dem der Zählstand des Zählers N2 auf den Wert "0" gelöscht wird, worauf zu einem Schritt 1080 verzweigt wird, bei dem eine Durchschnittsbildung ausgeführt wird. Gemäß der Darstellung in Fig. 41 wird die Durchschnittsbildung durchgeführt, um einen Durchschnittswert der Ergebnisse der FFT-Berechnungen zu erhalten. Genauer gesagt wird ein Mittelwert der Verstärkungsfaktoren bzw. Amplituden oder Spektraldichten aller Frequenzkomponenten gebildet. Infolge der Ausführung dieser Durchschnittsbildung kann die durch Unregelmäßigkeiten auf der Straßenoberfläche hervorgerufene Änderung der Ergebnisse der FFT-Berechnungen verringert werden.

Im Anschluß hieran verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1090, bei dem eine Resonanzfrequenz f der ungefederten Fahrzeugmassen unter Zugrundelegung der im Schritt 1080 der Durchschnittsbildung unterzogenen Ergebnisse der FFT-Berechnung ermittelt wird. Wie bereits erwähnt wurde, wird der Schritt 1090 für jedes der vier Räder parallel ausgeführt. Demgemäß wird die Resonanzfrequenz f der ungefederten Massen an jedem der vier Räder hergeleitet.

Der Ablauf verzweigt daraufhin zum Schritt 1100, bei dem, wie bereits erwähnt wurde, der Zustand des Reifendrucks für jeden der Reifen ermittelt und dem Fahrer ein entsprechender Alarm angezeigt wird, wenn der Reifendruck unter eine voreingestellte untere Grenze fällt.

In Fig. 42 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 1100 der Fig. 39 durchgeführte Routine zum Bestimmen des Zustand des Reifendrucks dargestellt. Gemäß Fig. 42 wird in Schritten 1110 bis 1130 jeweils geprüft, ob ein Schritt 1140, bei dem ein Reifendruckzustand bestimmt wird, ausgeführt werden sollte.

Im einzelnen wird im Schritt 1110 der jeweilige Zustand der Straßenoberfläche, auf der sich das Fahrzeug bewegt, erfaßt, um zu bestimmen, ob der Schritt 1140 auszuführen ist. Wenn das Fahrzeug auf einer einen schlechten Zustand aufweisenden Straßenoberfläche fährt, wie beispielsweise auf einer Schotterstraße, beinhalten die ermittelten Raddrehzahldaten V_x Vibrationskomponenten, die der Rauigkeit der Straßenoberfläche in Form von Rauschen entsprechen, wie dies aus Fig. 48 ersichtlich ist, die die ermittelten Raddrehzahlen in Form zeitlich aufeinanderfolgender Daten zeigt. Die Genauigkeit der extrahierten Resonanzfrequenz der ungefederten Massen wird demgemäß verringert, da es möglich ist, daß als Resonanzfrequenz fälschlicherweise eine solche Frequenz extrahiert wird, die einem Spitzenwert entspricht, der durch eine in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufen wird, wie dies aus Fig. 49 ersichtlich ist, in der die ermittelten Raddrehzahlen als Frequenzdaten dargestellt sind.

Die durch die in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufene Vibration erscheint in den erfaßten Raddrehzahldaten in einer kontinuierlichen Art und Weise, während die durch die ungefederten Massen hervorgerufene Resonanzvibrationskomponente in den erfaßten Raddrehzahldaten in einer diskontinuierlichen Art und Weise erscheint. Eine jeweilige Amplitude der durch die in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufenen Vibration ist normalerweise ausreichend größer als die der Resonanzvibrationskomponente der ungefederten Massen. Durch Überwachen einer Zeitbereichsänderung der erfaßten Raddrehzahldaten kann folglich die durch die in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufene Vibration erfaßt werden.

In Fig. 43 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 1110 der Fig. 42 durchgeführte Routine zum Erfassen des Straßenoberflächenzustands dargestellt. Gemäß Fig. 43 wird in einem Anfangsschritt 1111 zunächst ein Vibrationszustand des antriebslosen Rads erfaßt. Obgleich die durch eine in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufene Vibration in den Raddrehzahldaten unabhängig davon auftritt, ob es sich um ein angetriebenes oder um ein antriebsloses Rad handelt, ist es gleichwohl vorzuziehen, im Schritt 1111 den Vibrationszustand des antriebslosen Rads zu erfassen, da die Raddrehzahldaten des angetriebenen Rads möglicherweise später beschriebene Vibrationen enthält, die durch das Antriebssystem hervorgerufen werden.

Um die durch die in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufene Vibration zu erfassen, werden gemäß der Darstellung in Fig. 44 im Schritt 1111 Amplituden und Perioden zwischen oberen und unteren Spitzen von in den Raddrehzahldaten enthaltenen Vibrationen innerhalb einer vorgegebenen Zeitspanne T überwacht. Im Schritt 1111 wird darüber hinaus die Anzahl derjenigen Vibrationen überwacht, bei denen sowohl die Amplitude als auch die Periode bzw. Zeitdauer jeweils größer als jeweils vorgegebene Vergleichswerte sind. Wenn die überwachte Anzahl gleich zwei oder größer als zwei ist, wird in einem Schritt 1112 entschieden, daß die Vibration durch eine in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufen wird. In diesem Fall verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1114, bei dem die im Schritt 1140 der Fig. 42 durchzuführende Verarbeitung zur Ermittlung des Reifendruckzustands gesperrt wird. Wenn im Schritt 1112 demgegenüber anders entschieden wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1113, bei dem die Durchführung des Schritts 1140 erlaubt zw. zugelassen wird.

Der in Fig. 43 gezeigte Steuerungsablauf kann nur für eines der antriebslosen Räder in der Weise durchgeführt werden, daß dann, wenn dieses antriebslose Rad anzeigt, daß die Vibration durch eine in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufen wird, die Durchführung des Schritts 1140 für alle Reifen gesperrt wird. Andererseits kann auch in Erwägung gezogen werden, die Routine der Fig. 43 für beide antriebslosen Räder in der Weise durchzuführen, daß die Ausführung des Schritts 1140 für alle Räder dann gesperrt wird, wenn mindestens eines dieser beiden Räder aufzeigt, daß die Vibration durch eine in schlechtem Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufen wird. Weiterhin kann in Erwägung gezogen werden, die Durchführung des Schritts 1140 nur für das linke antriebslose und angetriebene Rad zu sperren und für das rechte antriebslose und angetriebene Rad zu erlauben, wenn das linke antriebslose Rad einen derartigen Vibrationszustand anzeigt, während das rechte antriebslose Rad keinen derartigen Vibrationszustand anzeigt, und umge-

kehrt.

Gemäß Fig. 42 kehrt der Ablauf dann zum Schritt 1020 der Fig. 39 zurück, wenn im Schritt 1110 die Durchführung des Schritts 1140 für alle Reifen gesperrt wird. Wenn im Schritt 1110 demgegenüber die Durchführung des Schritts 1140 für mindestens einen der Reifen erlaubt wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1120.

Im Schritt 1120 wird der Fahrzustand des Fahrzeugs ermittelt. Fahrzustände, bei denen die Durchführung des Schritts 1140 gesperrt wird, umfassen folgende Fälle.

- (1) Betätigung der Bremse;
- (2) Beschleunigungszustand;
- (3) Verwendung einer Gleitschutzkette bzw. Schneekette;
- (4) Fahrt bei geringer Geschwindigkeit.

In Fig. 45 ist anhand eines Flußdiagramms ein im Schritt 1120 der Fig. 42 durchgeführte Fahrzustand-Ermittlungsroutine gezeigt. Gemäß Fig. 45 wird in einem Anfangsschritt 1121 eine Fahrzeuggeschwindigkeit V_{SO} auf der Basis der Raddrehzahlen V_{WPR} , V_{WPL} der antriebslosen Räder unter Verwendung folgender Gleichung (23) ermittelt:

$$V_{SO}(n) = \text{Med}[\text{Max}(V_{WPR}, V_{WPL}), V_{SO}(n-1) + \alpha_{UP} \cdot \Delta t, V_{SO}(n-1) - \alpha_{DW} \cdot \Delta t] \quad (23)$$

In obiger Gleichung bezeichnen Med und Max Funktionen zum Wählen eines Zwischenwerts bzw. eines Maximalwerts des in Klammern angegebenen Ausdrucks, α_{UP} und α_{DW} repräsentieren einen Beschleunigungs-Überwachungswert bzw. einen Verzögerungs-Überwachungswert und mit Δt ist ein Intervall zwischen den Berechnungen der Fahrzeuggeschwindigkeit bezeichnet.

Der Grund zur Verwendung der Raddrehzahlen der antriebslosen Räder zur Ermittlung der Fahrzeuggeschwindigkeit liegt darin, daß die Drehzahl des antriebslosen Rads die tatsächliche Fahrzeuggeschwindigkeit genauer wiedergibt als die Drehzahl des angetriebenen Rads, da das antriebslose Rad im Gegensatz zum angetriebenen Rad keinem Schlupf ausgesetzt ist. Unter Berücksichtigung des möglichen Auftretens eines Blockierzustands der antriebslosen Räder, wenn beispielsweise auf einer einen niedrigen Reibbeiwert aufweisenden Straße gefahren wird, wird als Fahrzeuggeschwindigkeit $V_{SO}(n)$ ein Zwischenwert unter maximalen rechten und linken Raddrehzahlen und oberen und unteren Fahrzeuggeschwindigkeitsgrenzen hergeleitet, die durch die vorgegebenen Werte α_{UP} und α_{DW} geregelt werden. Dadurch wird eine Schätzgenauigkeit der Fahrzeuggeschwindigkeit verbessert, wie bei Anwendungen in bekannten Antischlupf-Steuerungssystemen und Traktions-Steuerungssystemen belegt wurde.

Daraufhin verzweigt sich der Ablauf zu einem Schritt 1122, bei dem eine Änderung ΔV_{SO} pro vorgegebener Zeitdauer unter Verwendung folgender Gleichung (24) ermittelt wird:

$$\Delta V_{SO}(n) = V_{SO}(n) - V_{SO}(n-1) \quad (24)$$

Anschließend verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1123, bei dem der Absolutwert von $\Delta V_{SO}(n)$ mit einem vorgegebenen Wert KDV verglichen wird, um zu ermitteln, ob das Fahrzeug über den vorgegebenen Wert hinaus beschleunigt oder verzögert (gebremst) wird. Wenn im Schritt 1123 der Betrag von $\Delta V_{SO}(n)$ größer als KDV ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1129, bei dem die Durchführung des Schritts 1140 für alle Reifen gesperrt wird. D.h., wenn $|\Delta V_{SO}(n)|$ größer als KDV ist, wird entschieden, daß in den Raddrehzahldaten Torsionsvibrationskomponenten enthalten sind, die während der Beschleunigung oder Verzögerung vom Antriebssystem hervorgerufen werden. D.h., während der Beschleunigung oder Verzögerung wird eine Torsionsvibration der Welle zwischen dem Motor und dem Reifen von dem Motor oder dem Antriebssystem des Fahrzeugs hervorgerufen und auf den Reifen übertragen, so daß diese in den Raddrehzahldaten enthalten ist. Wenn im Schritt 1123 demgegenüber erkannt wird, daß $|\Delta V_{SO}(n)| \leq \text{KDV}$ ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1124.

Es kann in Erwägung gezogen werden, für die Beschleunigung bzw. die Verzögerung vorgegebene Werte KDV einzustellen, so daß $\Delta V_{SO}(n)$ mit einem dieser Werte entsprechend seinem Vorzeichen verglichen wird. Darüberhinaus ist es möglich, die Beschleunigung und die Verzögerung mit Hilfe von Sensoren zu erfassen, welche die Bedienung des Gaspedals oder des Bremspedals durch den Fahrer erfassen.

Im Schritt 1124 wird geprüft, ob eine Gleitschutz- bzw. Schneekette verwendet wird.

In Fig. 46 ist anhand eines Flußdiagramms der im Schritt 1124 durchgeführte Steuerungsablauf gezeigt, mittels dem erfaßt wird, ob eine Schneekette verwendet wird. Schneeketten werden normalerweise auf den angetriebenen Rädern montiert, so daß die Vibration der angetriebenen Räder größer als die der antriebslosen Räder wird. Durch Vergleichen der Raddrehzahldaten zwischen dem angetriebenen Rad und dem antriebslosen Rad ist es folglich möglich, die Montage bzw. das Vorhandensein einer Schneekette zu erfassen.

Gemäß Fig. 46 wird in einem Anfangsschritt 1310 zunächst ein Vibrationszustand eines der antriebslosen Räder erfaßt. Anschließend wird in einem Schritt 1320 ein Vibrationszustand eines der angetriebenen Räder erfaßt. Es sei darauf hingewiesen, daß die durch eine Schneekette hervorgerufene Vibration im wesentlichen auf die gleich Art und Weise erfaßt werden kann, wie die durch eine im schlechten Zustand befindliche Straßenoberfläche hervorgerufene Vibration, die im Schritt 1111 in Fig. 43 erfaßt wird. In diesem Fall kann der im Schritt 1111 verwendete Vergleichswert für die Amplitude der Vibration kleiner eingestellt werden. Wenn mit Hilfe von Schritten 1330 und 1340 festgestellt wird, daß die durch die Schneekette hervorgerufene Vibration nur für das angetriebene Rad erfaßt wird, verzweigt der Ablauf anschließend zu einem Schritt 1350, bei dem ein Schneeketten-Befestigungszustand auf EIN gesetzt wird, womit angezeigt wird, daß eine Schneekette verwen-

det wird. Andernfalls verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1360, bei dem der Schneeketten-Befestigungszustand auf AUS gesetzt wird, was anzeigt, daß keine Schneekette verwendet wird.

Wenn in einem Schritt 1125 der Fig. 45 festgestellt wird, daß der Schneeketten-Befestigungszustand auf EIN gesetzt ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 1129, bei dem die Durchführung des Schritts 1140 in Fig. 42 für alle Reifen gesperrt wird. Wenn im Schritt 1125 demgegenüber erkannt wird, daß der Schneeketten-Befestigungszustand auf AUS gesetzt ist, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1126.

Alternativ kann auch in Erwägung gezogen werden, die Durchführung des Schritts 1140 nur für die angetriebenen Reifen zu sperren, wenn die Befestigung der Schneekette erfaßt wird.

Der Schritt 1128 kann für eines der Räder durchgeführt werden. Im Schritt 1126 werden die Nummern der vom Raddrehzahlsensor innerhalb des letzten bzw. neuesten Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitts zugeführten Impulse geprüft. Die Raddrehzahl kann nur dann ermittelt werden, wenn sowohl der letzte als auch der neueste Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt mindestens einen vom Drehzahlsensor empfangenen Impuls enthält. Demgemäß ermöglicht es ein Schritt 1127 dem Ablauf, zu einem Schritt 1128 zu verzweigen, bei dem die Durchführung des Schritts 1140 in Fig. 42 nur dann erlaubt wird, wenn sowohl der letzte als auch der neueste Gleichabstands-Unterbrechungsabschnitt mindestens einen zugeführten Impuls enthält. Andernfalls wird im Schritt 1127 entschieden, daß ein Langsamgeschwindigkeits-Fahrzustand des Fahrzeugs vorliegt, so daß der Ablauf zum Schritt 1129 verzweigt, bei dem die Ausführung des Schritts 1140 in Fig. 42 für alle Reifen gesperrt wird.

Es kann in Erwägung gezogen werden, den Schritt 1126 für jedes der Räder durchzuführen. In diesem Fall kann ferner in Erwägung gezogen werden, die Durchführung des Schritts 1140 für alle Reifen zu sperren, wenn mindestens eines, mindestens zwei, mindestens drei oder alle Räder die Bedingung zum Verzweigen zum Schritt 1128 nicht erfüllen, während andernfalls die Durchführung des Schritts 1140 für alle Reifen erlaubt wird.

Wenn im Schritt 1120 der Fig. 42 die Durchführung des Schritts 1140 gesperrt wird, kehrt der Ablauf zum Schritt 1020 der Fig. 39 zurück. Wenn die Durchführung des Schritts 1140 im Schritt 1120 hingegen erlaubt wird, verzweigt der Ablauf zu einem Schritt 1130.

Im Schritt 1130 wird geprüft, ob ein Notreifen, d. h. ein für eine kurzzeitige Verwendung vorgesehener Sparreifen verwendet wird. Mit Ausnahme einer speziellen Art von Fahrzeug hat ein Notreifen einen Durchmesser, der geringer als der eines normalen Reifen ist. Folglich wird die Drehzahl des den Notreifen tragenden Rads höher als die Drehzahl der anderen Räder, so daß die Montage eines Notreifens leicht erfaßt werden kann.

In Fig. 47 ist anhand eines Flußdiagramms eine im Schritt 1130 der Fig. 42 durchgeführte Routine gezeigt, mittels der überprüft wird, ob ein Notrad verwendet wird. Gemäß Fig. 47 wird in einem Anfangsschritt 1131 eine mittlere Drehzahl V_{WAVE} der Raddrehzahlen der vier Räder unter Verwendung folgender Gleichung (25) hergeleitet:

$$V_{WAVE} = (V_{WPR} + V_{WPL} + V_{WDR} + V_{WDL})/4 \quad (25)$$

In obiger Gleichung ist mit V_{WPR} und V_{WPL} die Raddrehzahl des rechten bzw. linken antriebslosen Rads bezeichnet, während mit V_{WDR} und V_{WDL} die Raddrehzahl des rechten bzw. linken angetriebenen Rads bezeichnet ist.

Der Ablauf verzweigt daraufhin zu einem Schritt 1132, bei dem unter den Raddrehzahlen der vier Räder eine maximale Raddrehzahl V_{WMAX} erfaßt wird. Anschließend wird in einem Schritt 1133 eine Differenz zwischen V_{WMAX} und V_{WAVE} ermittelt und mit dem Wert von $K_{TEMP} \cdot V_{WAVE} / 100$ verglichen, wobei mit K_{TEMP} ein vorgegebener Koeffizient bezeichnet ist. Wenn $V_{WMAX} - V_{WAVE} \geq V_{WMAX} \cdot V_{WAVE} / 100$ ist, wird im Schritt 1133 entschieden, daß das den Wert V_{WMAX} entsprechende Rad den Notreifen trägt, so daß der Ablauf zu einem Schritt 1135 verzweigt, in dem die Durchführung des Schritts 1140 in Fig. 42 für alle Reifen gesperrt wird. Wenn demgegenüber $V_{WMAX} - V_{WAVE} \leq V_{WMAX} \cdot V_{WAVE} / 100$ ist, ermöglicht es der Schritt 1133 der Routine, zu einem Schritt 1134 zu verzweigen, bei dem die Durchführung des Schritts 1140 für alle Reifen erlaubt wird.

Alternativ hierzu ist es auch möglich, die Durchführung des Schritts 1140 nur für den Notreifen zu verhindern, wenn das Tragen eines Notreifens erfaßt wird.

Wenn die Durchführung des Schritts 1140 im Schritt 110 der Fig. 42 gesperrt wird, kehrt der Ablauf zum Schritt 1020 der Fig. 39 zurück. Wenn demgegenüber die Durchführung des Schritts 1140 erlaubt ist, verzweigt der Ablauf zum Schritt 1140, bei dem der Reifendruckzustand für jeden Reifen unter Zugrundelegung der im Schritt 1090 der Fig. 39 hergeleiteten Resonanzfrequenz f ermittelt wird.

Im Schritt 1140 wird eine Abweichung der Resonanzfrequenz f von einer Referenzfrequenz f_0 , die einem normalen Reifendruck entspricht, ermittelt ($f_0 - f$) und diese Abweichung ($f_0 - f$) wird mit einer vorgegebenen Abweichung Δf verglichen. Die Abweichung Δf wird bezüglich der Referenzfrequenz f_0 so voreingestellt, daß sie einem zulässigen unteren Grenzdruck entspricht (von beispielsweise $1,4 \text{ kg/m}^2$). Wenn im Schritt 1140 erkannt wird, daß $(f_0 - f) > \Delta f$ ist, verzweigt der Ablauf folglich zu einem Schritt 1150, womit entschieden ist, daß der Reifendruck unter den zulässigen unteren Grenzdruck gefallen ist. Im Schritt 1150 wird dem Fahrer über die Anzeigeeinheit 15 pro Reifen ein Alarm angezeigt.

Gemäß vorstehender Beschreibung wird beim zehnten Ausführungsbeispiel ein fehlerhafte Erfassung des Reifendruckzustands hervorrufender Zustand erfaßt, um die Erfassung des Reifendruckzustands zu sperren. Demgemäß wird die Erfassungsgenauigkeit verbessert.

Die Frequenzanalyse (FFT-Berechnung) wird bezüglich der Raddrehzahl-daten durchgeführt, die nach der Lehre der ersten neun Ausführungsbeispiele ermittelt werden. Demzufolge kann jegliches Rauschen, das andernfalls aufgrund eines abnormalen Zustands, wie beispielsweise eines Verarbeitungsfehlers des Signalrotors, wirksam eliminiert werden, so daß die Genauigkeit der Erfassung des Reifendruckzustands wesentlich verbessert wird.

Vorstehend wurde ein Drehzahlerfassungsgerät für einen rotierenden Körper offenbart, bei dem ein Korrekturkoeffizient zur Korrektur eines Erfassungsfehlers in jeder von mehreren Impulssignalzeitdauern, die Drehzahldaten des rotierenden Körpers repräsentieren, verwendet wird. Der Korrekturkoeffizient wird aktualisiert, um eine durch einen abnormalen Zustand des rotierenden Körpers hervorgerufenen Abweichung der entsprechenden Impulssignalzeitdauer auszuschalten. Zu diesem Zweck wird zunächst ein Durchschnittswert der einer Umdrehung des rotierenden Körpers entsprechenden Impulssignalzeitdauern ermittelt, worauf ein Wert ermittelt wird, der eine Abweichung zwischen einer jeweils entsprechenden Impulssignalzeitdauer und dem Durchschnittswert angibt; weiterhin wird ein Aktualisierungswert hergeleitet, indem unter Verwendung eines Korrekturkoeffizienten ein Einflußmaß des die Abweichung angegebenden Werts auf den Korrekturkoeffizienten eingestellt wird. Der Korrekturkoeffizient wird durch Addition des Aktualisierungswerts zu einem letzten Wert des Korrekturkoeffizienten aktualisiert.

Patentansprüche

1. Drehzahlerfassungsgerät für einen rotierenden Körper (1a—1d), bei dem ein Korrekturkoeffizient zur Korrektur eines durch einen abnormalen Zustand des rotierenden Körpers hervorgerufenen Erfassungsfehlers in jedem von mehreren Impulssignalen verwendet wird, die in Abhängigkeit von einer Drehbewegung des rotierenden Körpers sequentiell erzeugt werden, um Drehzahldaten des rotierenden Körpers auf der Basis der korrigierten Impulssignale zu ermitteln, **gekennzeichnet durch** eine Aktualisierungseinrichtung (142) zum Aktualisieren des Korrekturkoeffizienten, wobei die Aktualisierungseinrichtung (142) aufweist:
 - eine Durchschnittsermittlungseinrichtung (142) zur Ermittlung eines Werts, der einen Durchschnitt der jeweiligen Zeitdauer der Impulssignale angibt;
 - eine Abweichungsermittlungseinrichtung (142) zum Ermitteln eines Werts, der eine Abweichung zwischen einer jeweils entsprechenden Impulssignalzeitdauer und dem den Durchschnitt angegebenden Wert angibt;
 - eine Einstelleinrichtung (142) zum Einstellen eines Einflußmaßes des die Abweichung angegebenden Werts auf den Korrekturkoeffizienten bezüglich einer einzelnen Zufuhr des Impulssignals, um einen Aktualisierungswert für den Korrekturkoeffizienten herzuleiten; und
 - eine Korrekturkoeffizient-Ermittlungseinrichtung (142) zur Ermitteln eines aktualisierten Werts des Korrekturkoeffizienten durch Addieren des Aktualisierungswerts zu einem letzten Wert des Korrekturkoeffizienten.
2. Drehzahlerfassungsgerät nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Einstelleinrichtung (142) den Aktualisierungswert durch Multiplikation des die Abweichung angegebenden Werts mit einem eine vorgegebene Empfindlichkeit angegebenden Wert ermittelt.
3. Drehzahlerfassungsgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der die Empfindlichkeit angegebende Wert in Abhängigkeit von einem Beschleunigungs/Verzögerungs-Zustand des rotierenden Körpers variabel eingestellt wird.
4. Drehzahlerfassungsgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der rotierende Körper ein Rad eines Fahrzeugs ist und daß der die Empfindlichkeit angegebende Wert in Abhängigkeit von einem Zustand einer Straßenoberfläche, auf der das Fahrzeug fährt, variabel eingestellt wird.
5. Drehzahlerfassungsgerät nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der die Empfindlichkeit angegebende Wert in Abhängigkeit von einem Zufuhr-Zustand der Impulssignale zwischen einem ersten und einem zweiten Wert umgeschaltet wird.
6. Drehzahlerfassungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (142) zum Überwachen eines Zufuhr-Zustands der Impulssignale, um zu entscheiden, ob der Aktualisierungseinrichtung (142) die Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten erlaubt wird.
7. Drehzahlerfassungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der rotierende Körper ein Rad eines Fahrzeugs ist und daß eine Einrichtung (142) vorgesehen ist, die einen Zustand einer Straßenoberfläche, auf der das Fahrzeug fährt, überwacht, um zu entscheiden, ob der Aktualisierungseinrichtung die Aktualisierung des Korrekturkoeffizienten erlaubt wird.
8. Drehzahlerfassungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 7, gekennzeichnet durch eine Einrichtung (142) zum Ermitteln einer Beschleunigung des rotierenden Körpers auf der Basis der Drehzahldaten des rotierenden Körpers.
9. Drehzahlerfassungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der rotierende Körper ein Rad eines Fahrzeugs ist, gekennzeichnet durch:
 - eine Einrichtung (142) zum Extrahieren einer Resonanzfrequenzkomponente einer ungefederten Masse des Fahrzeugs aus den Drehzahldaten;
 - eine Einrichtung (142) zum Erfassen eines Reifendruckzustands auf der Basis der Resonanzfrequenzkomponente;
 - eine Einrichtung (142) zum Erfassen einer Amplitude der Drehzahldaten; und
 - eine Einrichtung (142), die die Reifendruckzustand-Erfassungseinrichtung (142) an der Erfassung des Reifendruckzustands hindert, wenn die erfaßte Amplitude größer als ein vorgegebener Wert ist.
10. Drehzahlerfassungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der rotierende Körper ein Rad eines Fahrzeugs ist, gekennzeichnet durch:
 - eine Einrichtung (142) zum Extrahieren einer Resonanzfrequenzkomponente einer ungefederten Masse des Fahrzeugs aus den Drehzahldaten;
 - eine Einrichtung (142) zum Erfassen eines Reifendruckzustands auf der Basis der Resonanzfrequenzkomponente;

eine Einrichtung (142) zur Ermittlung, ob ein Notreifen verwendet wird; und
 eine Einrichtung (142), die die Reifendruckzustands-Erfassungseinrichtung (142) an der Erfassung des Reifendruckzustands hindert, wenn die Notreifen-Erfassungseinrichtung (142) feststellt, daß ein Notreifen verwendet wird.

11. Drehzahlerfassungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der rotierende Körper ein Rad eines Fahrzeugs ist, gekennzeichnet durch:

eine Einrichtung (142) zum Extrahieren einer Resonanzfrequenzkomponente einer ungefederten Masse des Fahrzeugs aus den Drehzahldaten;

eine Einrichtung (142) zum Erfassen eines Reifendruckzustands auf der Basis der Resonanzfrequenzkomponente;

eine Einrichtung (142) zum Erfassen eines vorgegebenen Niedrigdrehzahl-Fahrzustands des Fahrzeugs auf der Basis der Drehzahldaten; und

eine Einrichtung (142), die die Reifendruckzustands-Erfassungseinrichtung (142) an der Erfassung des Reifendruckzustands hindert, wenn der vorgegebene Niedrigzahl-Fahrzustand erfaßt wird.

12. Drehzahlerfassungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der rotierende Körper ein Rad eines Fahrzeugs ist, gekennzeichnet durch:

eine Einrichtung (142) zum Extrahieren einer Resonanzfrequenzkomponente einer ungefederten Masse des Fahrzeugs aus den Drehzahldaten;

eine Einrichtung (142) zum Erfassen eines Reifendruckzustands auf der Basis der Resonanzfrequenzkomponente;

eine Einrichtung (142) zum Ermitteln, ob eine Schneekette verwendet wird; und

eine Einrichtung (142), die die Reifendruckzustands-Erfassungseinrichtung (142) an der Erfassung des Reifendruckzustands hindert, wenn die Schneeketten-Ermittlungseinrichtung (142) feststellt, daß eine Schneekette verwendet wird.

13. Drehzahlerfassungsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem der rotierende Körper ein Rad eines Fahrzeugs ist, gekennzeichnet durch:

eine Einrichtung (142) zum Extrahieren einer Resonanzfrequenzkomponente einer ungefederten Masse des Fahrzeugs aus den Drehzahldaten;

eine Einrichtung (142) zum Erfassen eines Reifendruckzustands auf der Basis der Resonanzfrequenzkomponente;

eine Einrichtung (142) zum Erfassen einer Größe einer Beschleunigung/Verzögerung des Fahrzeugs; und

eine Einrichtung (142), die die Reifendruckzustands-Erfassungseinrichtung (142) an der Erfassung des Reifendruckzustands hindert, wenn die erfaßte Größe größer als ein vorgegebener Wert ist.

Hierzu 35 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

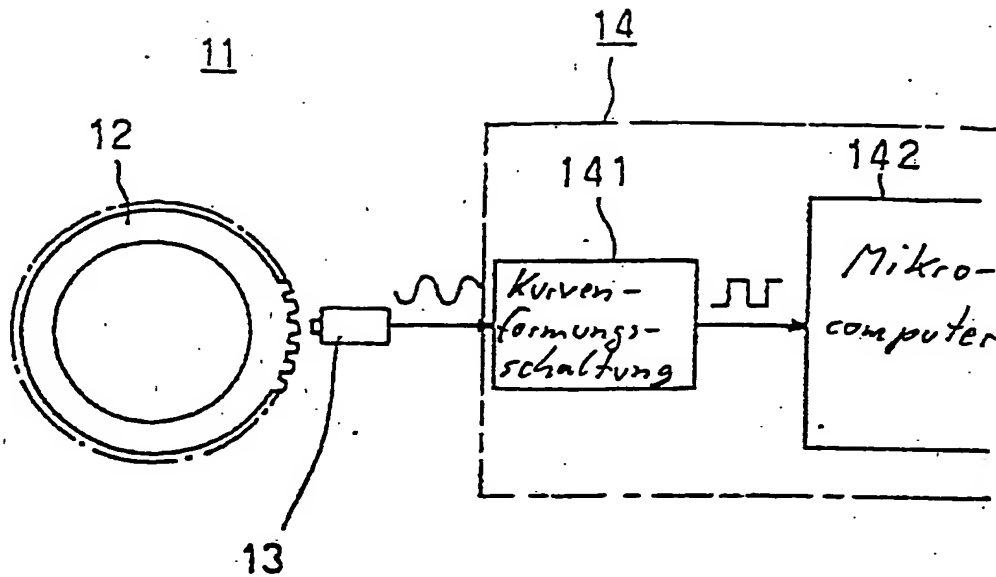


FIG. 2

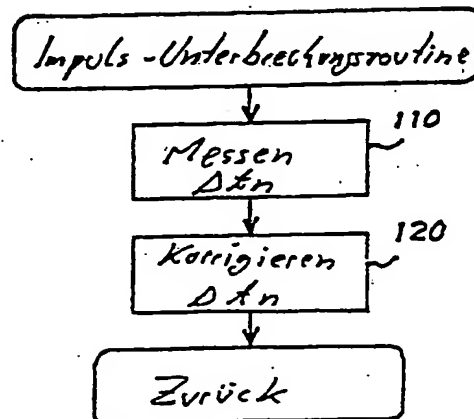


FIG. 3

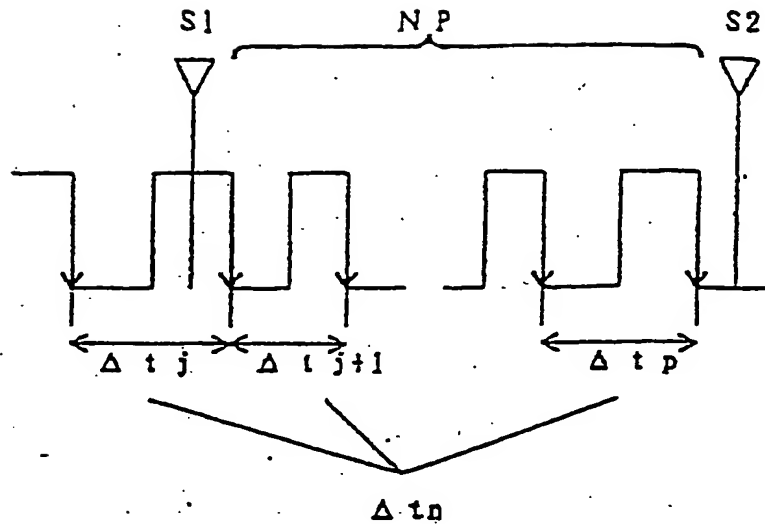


FIG. 4

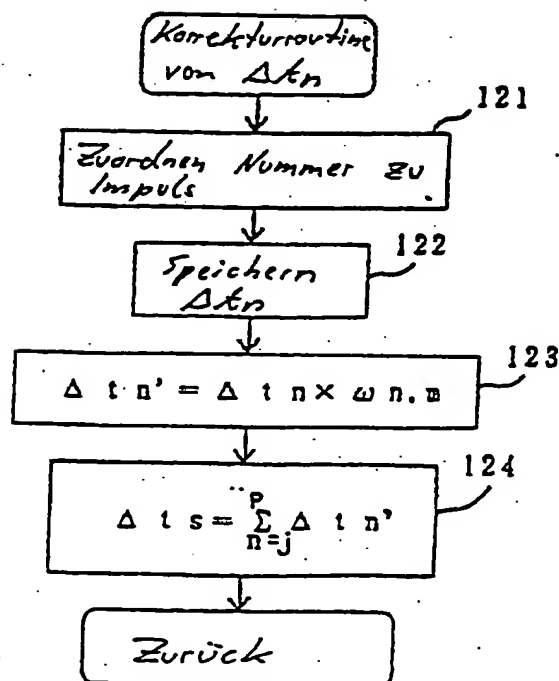


FIG. 5

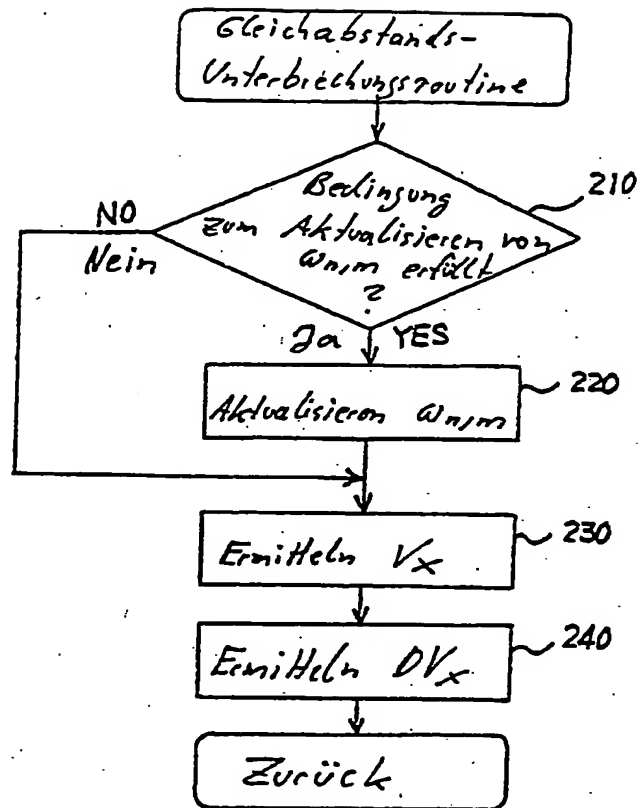


FIG. 6

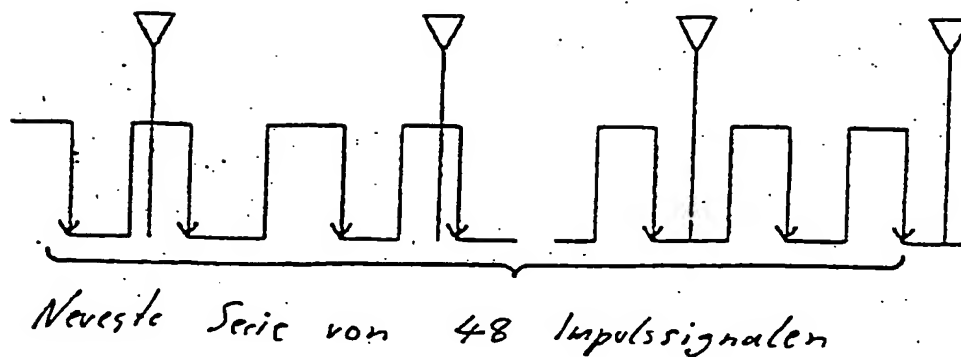


FIG. 7

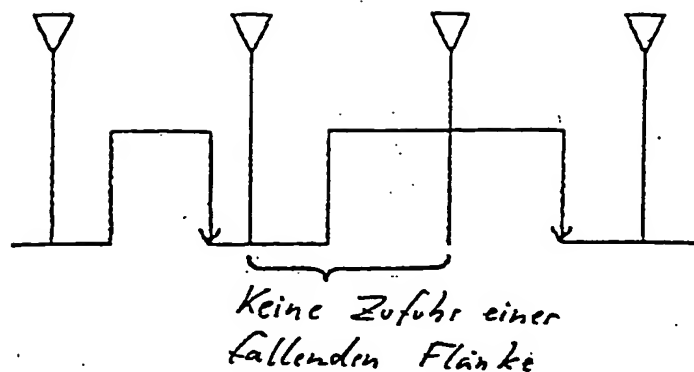


FIG. 8 (A)

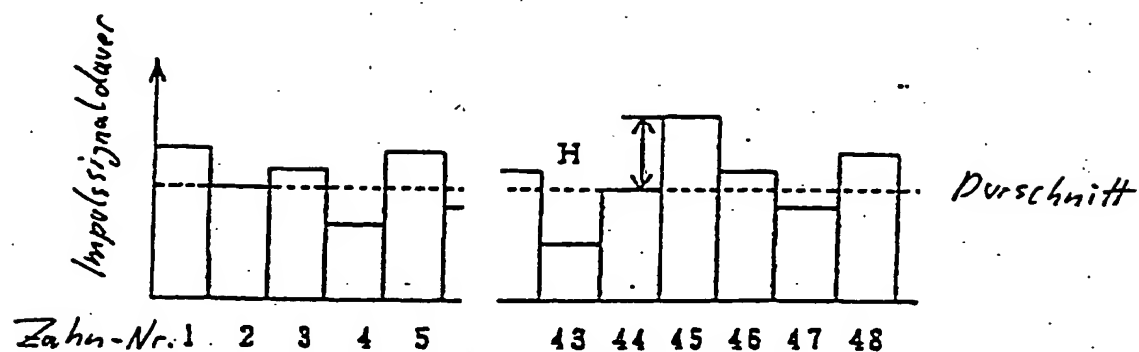


FIG. 8 (B)

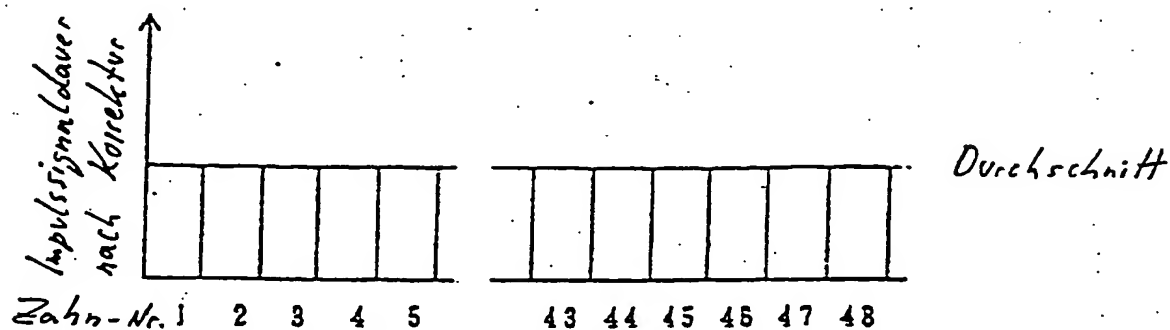


FIG. 9

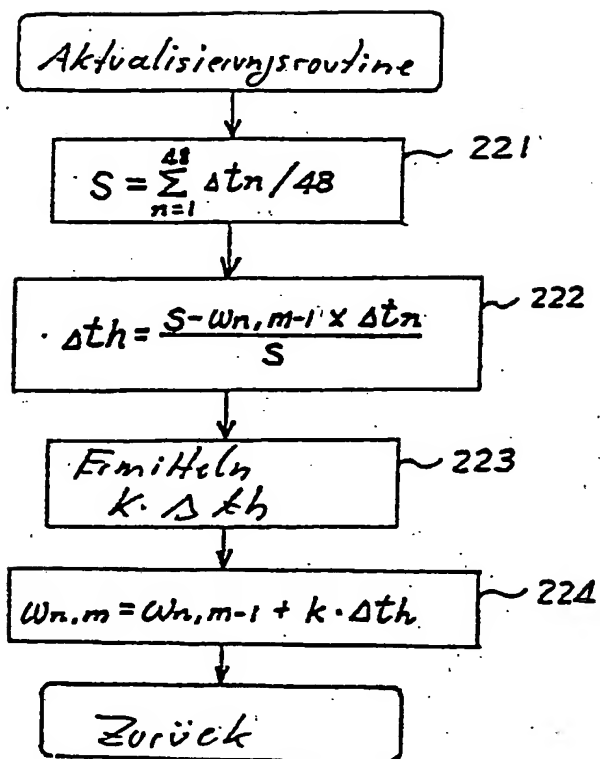


FIG. 10 (A)

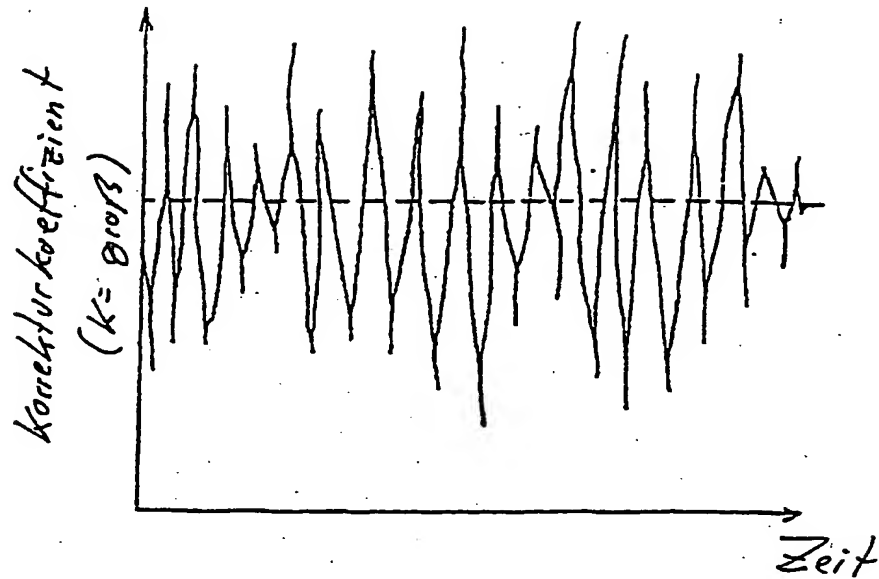


FIG. 10 (B)

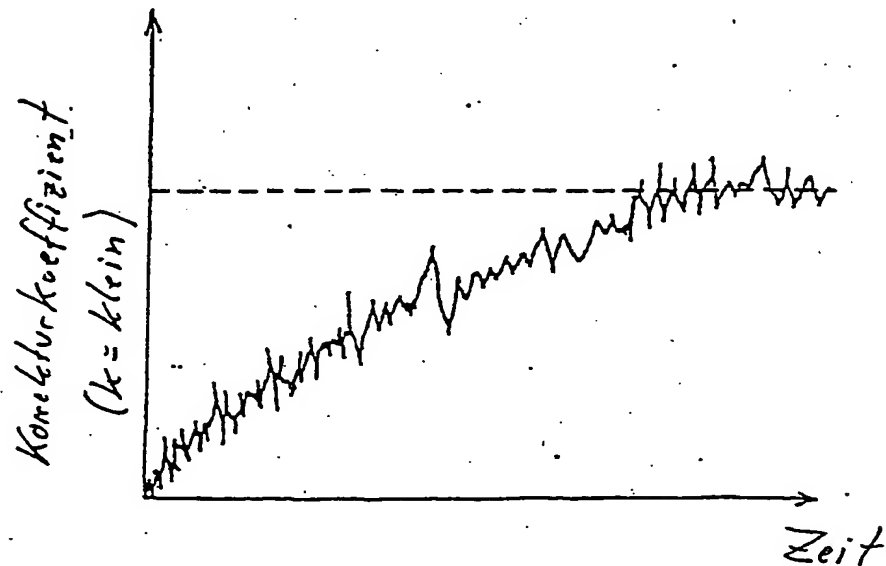


FIG. 11

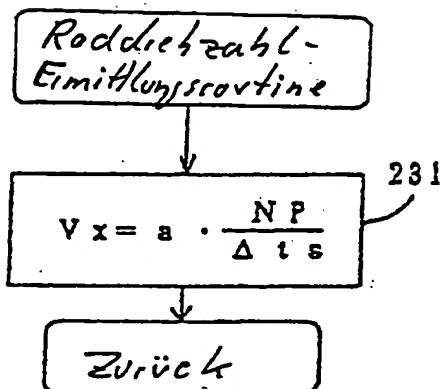


FIG. 12

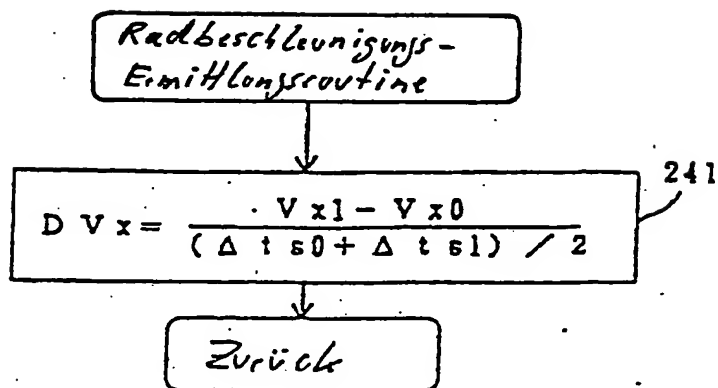


FIG. 13

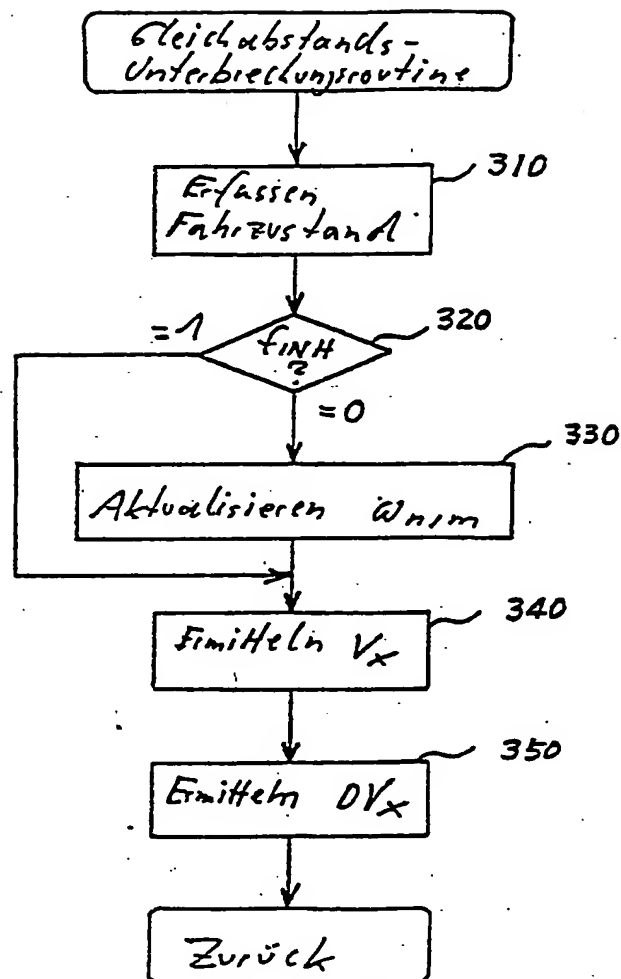


FIG. 14

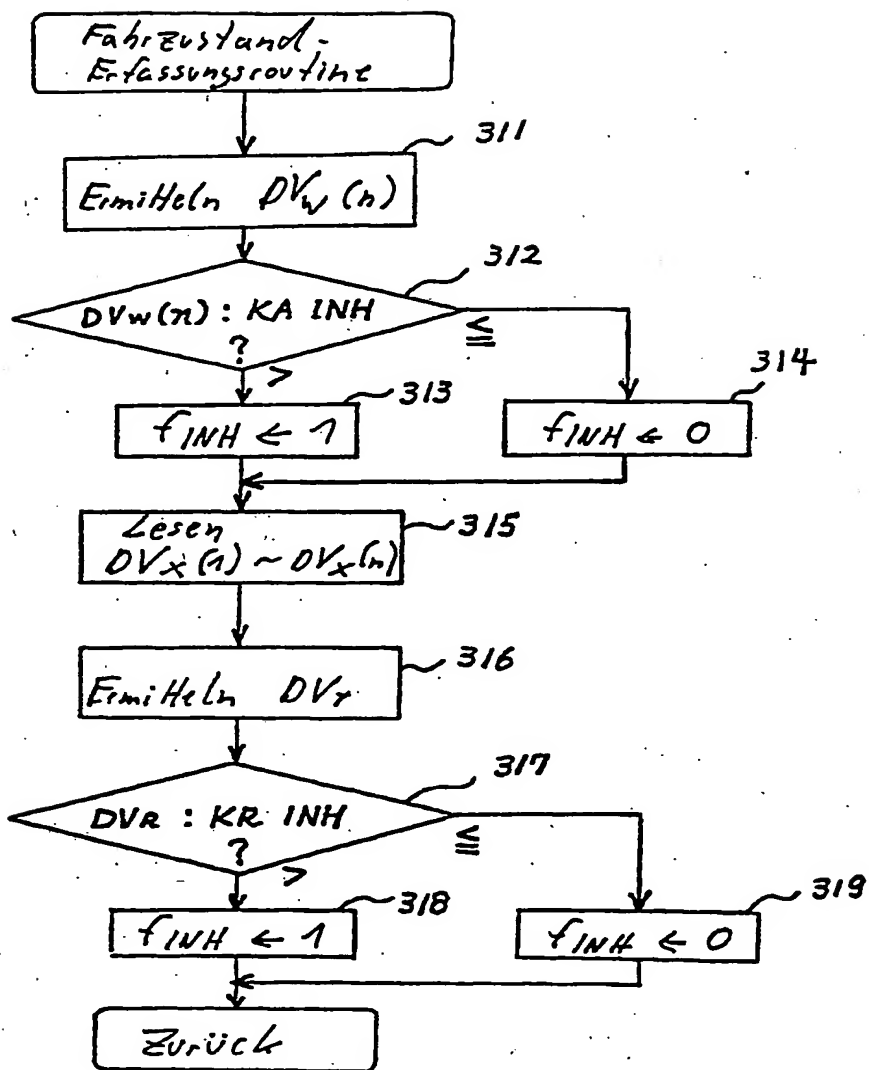


FIG. 15

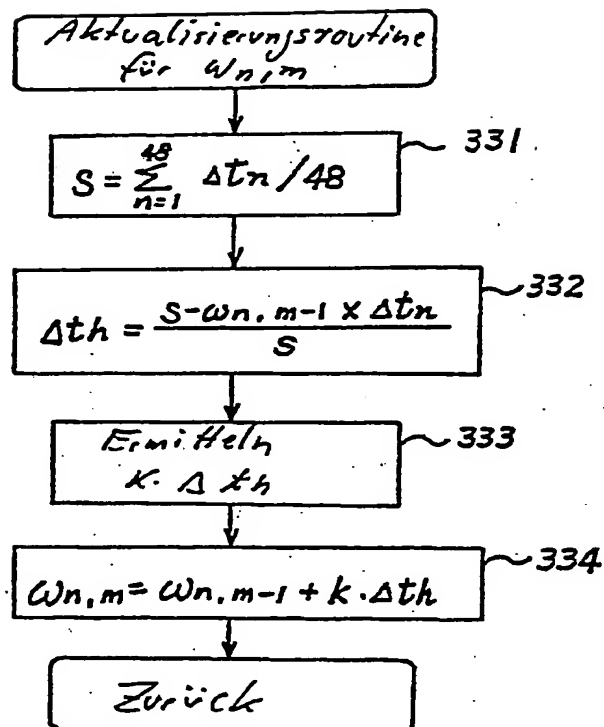


FIG. 16

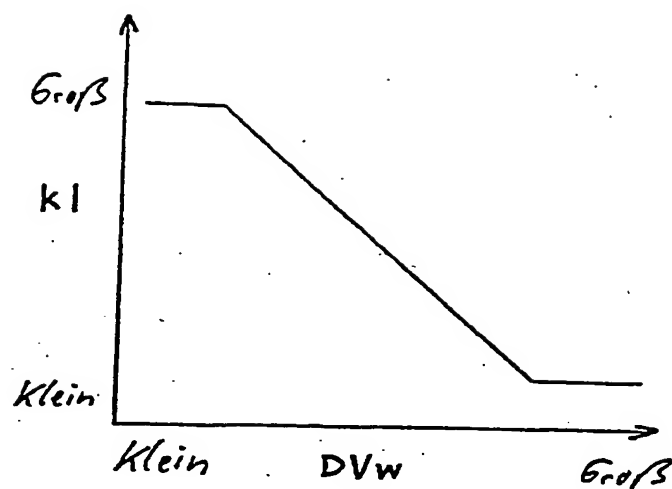


FIG. 17

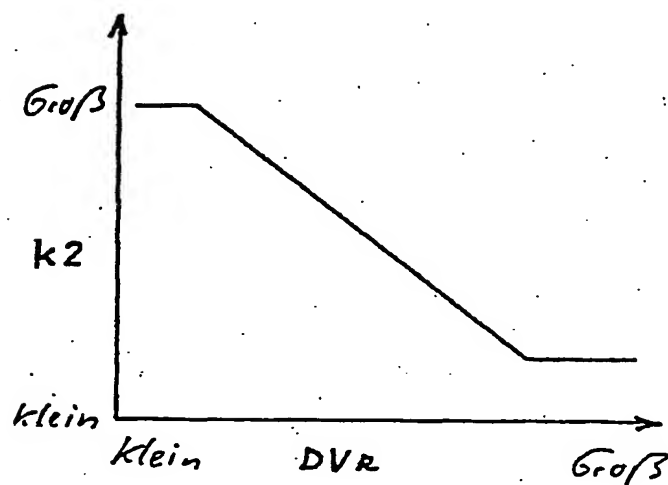


FIG. 18

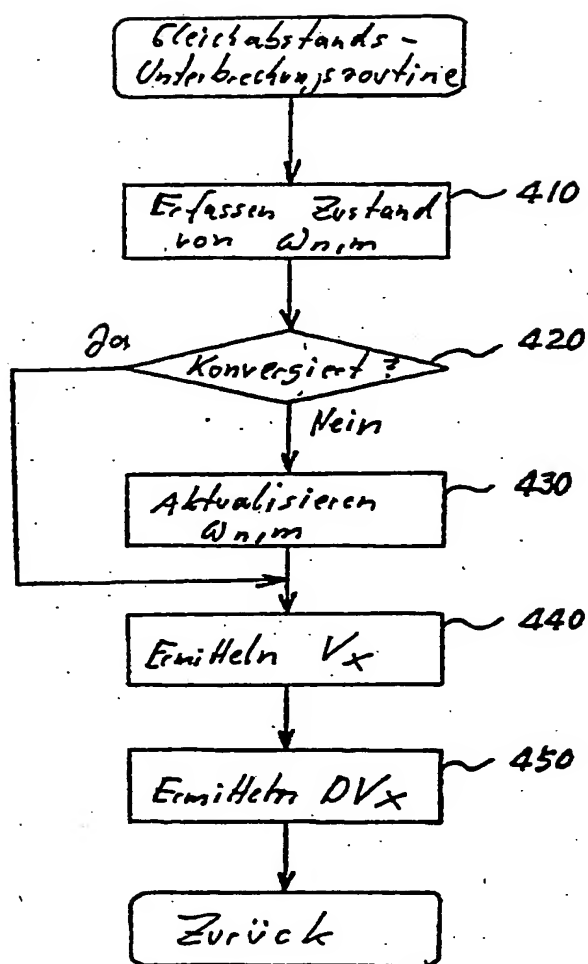


FIG. 19

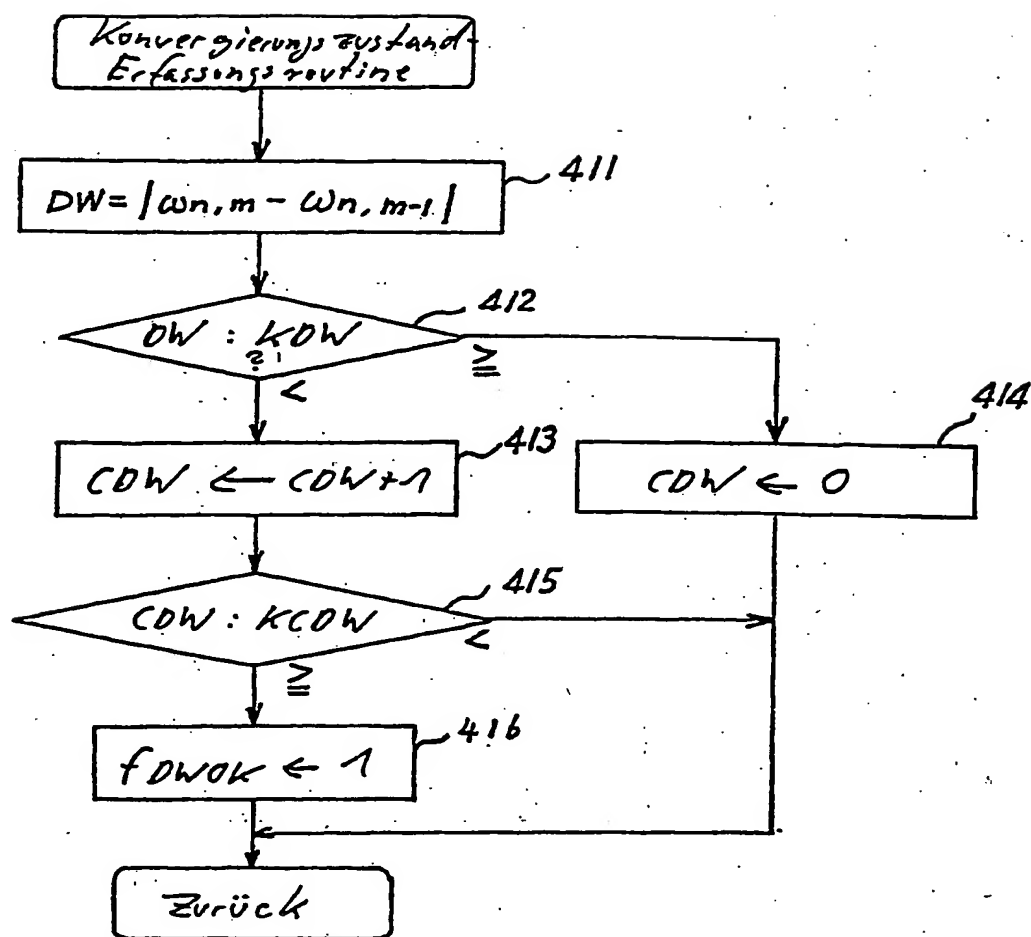


FIG. 20

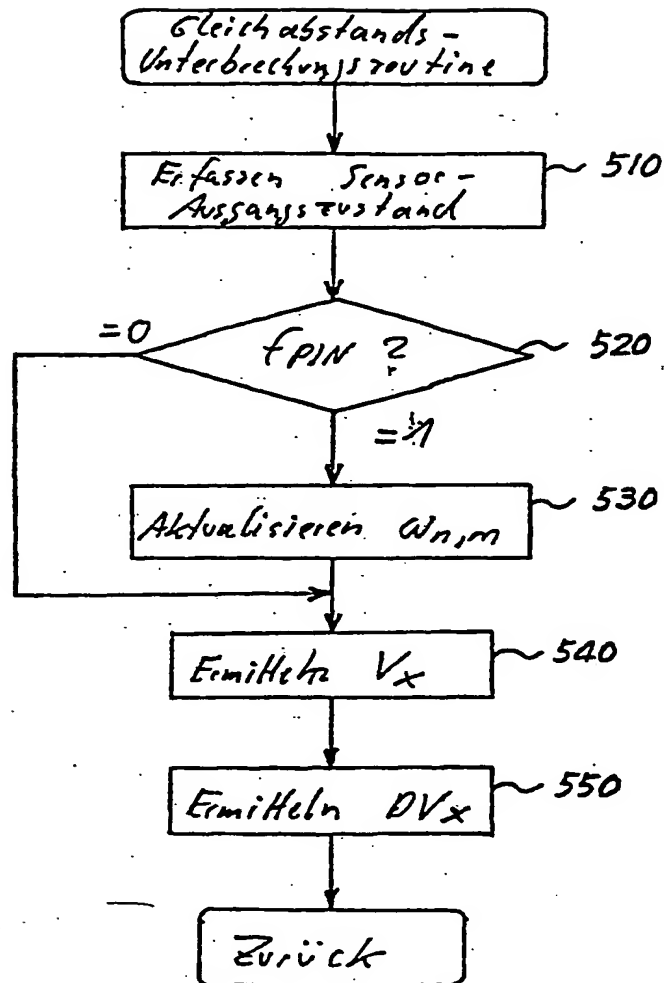


FIG. 21

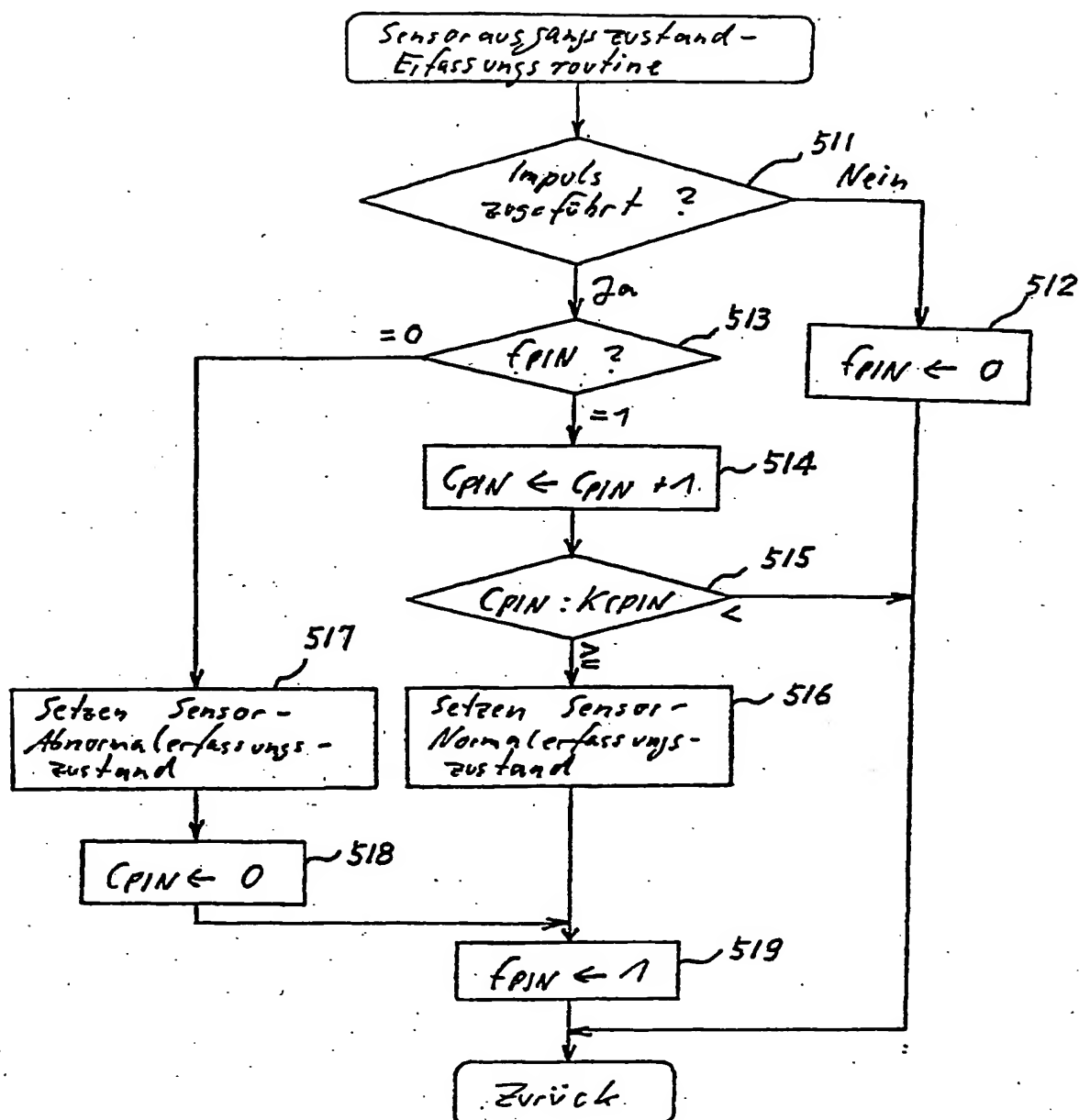


FIG. 22

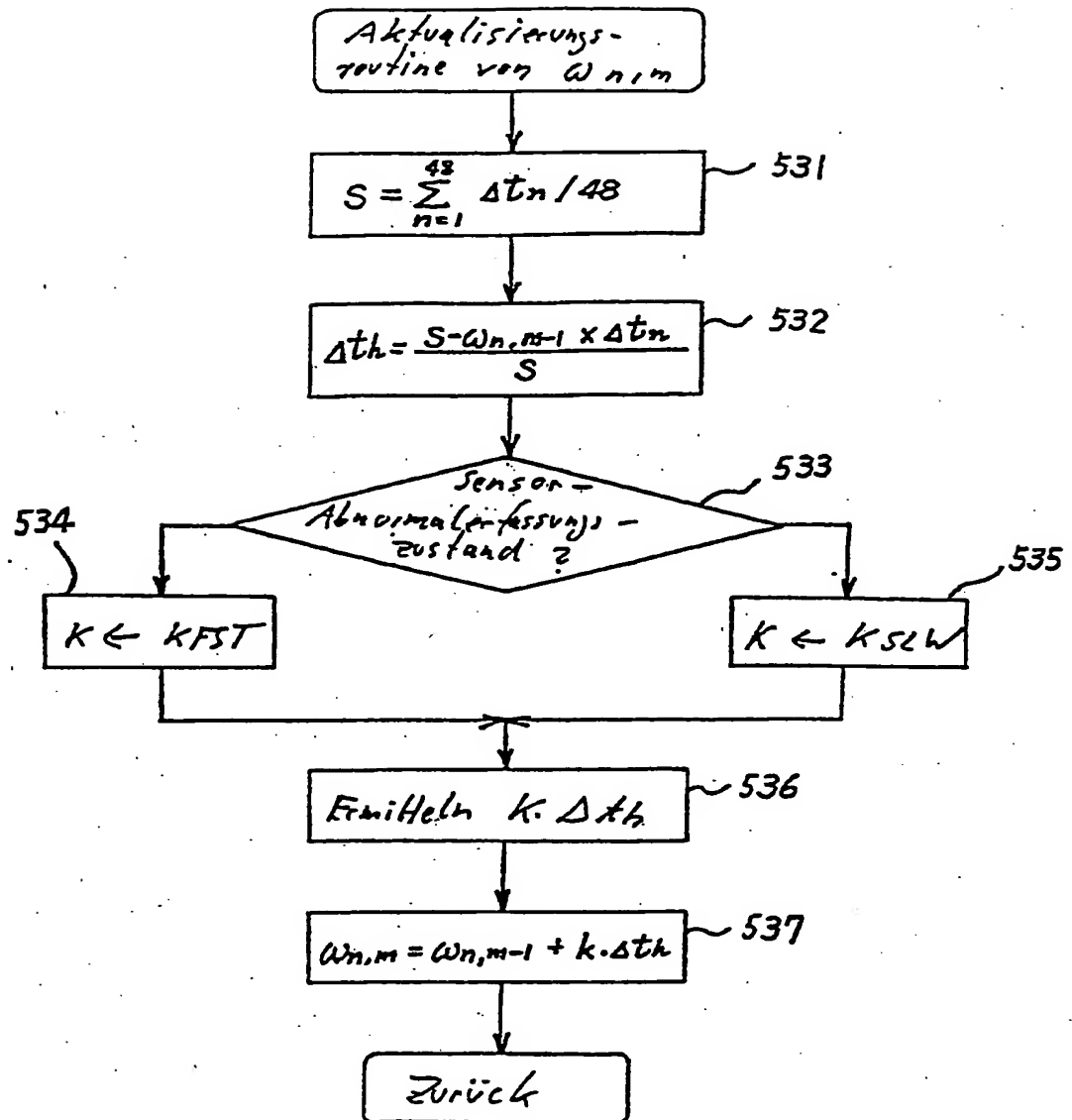


FIG. 23

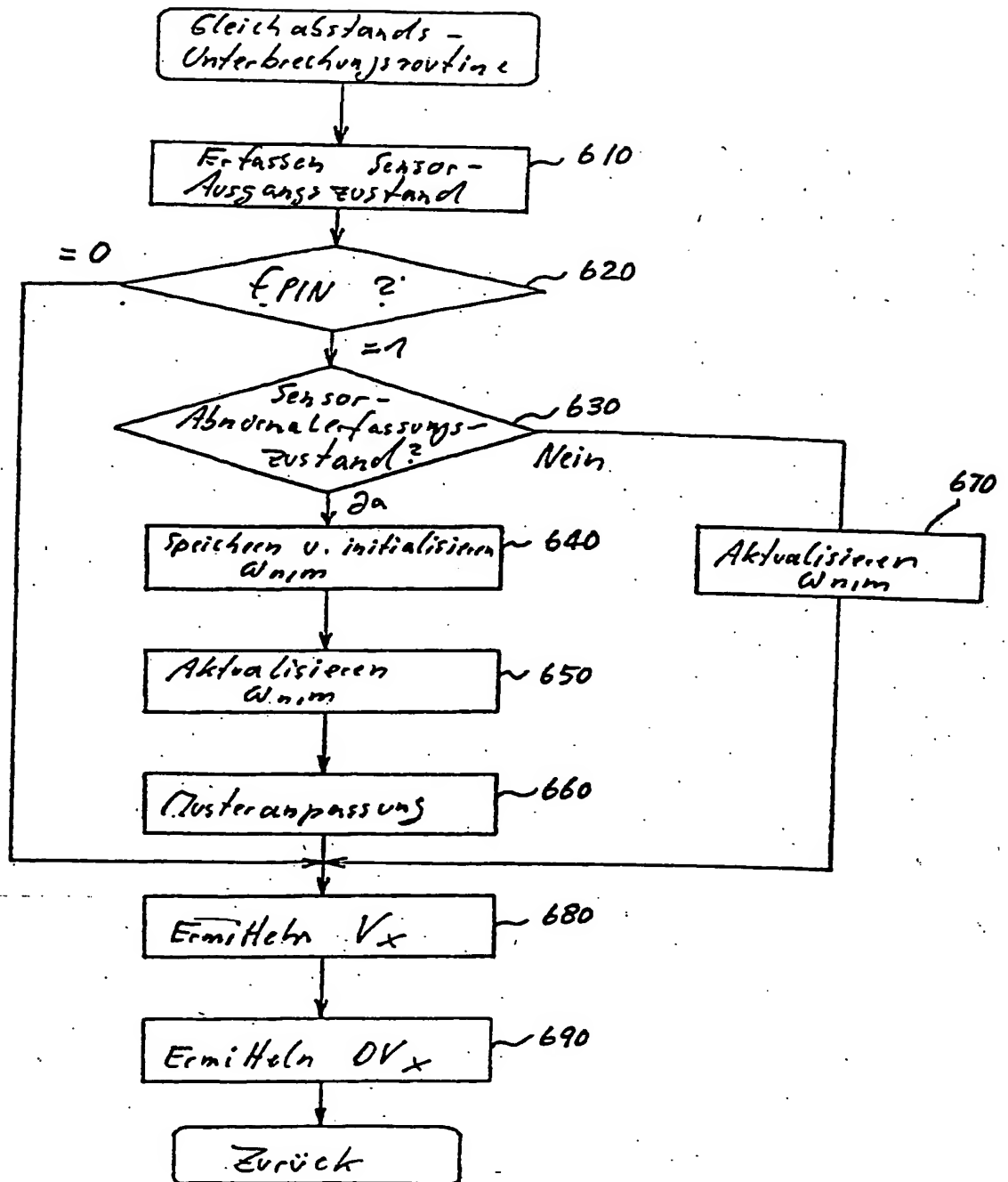


FIG. 24

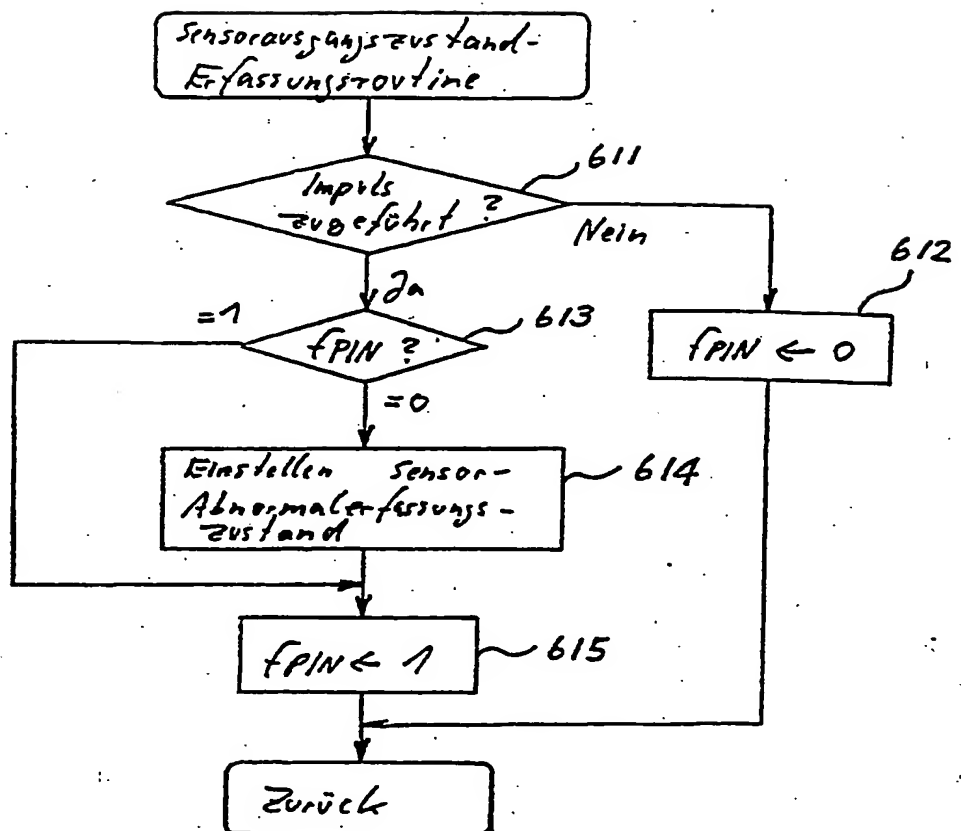


FIG. 25

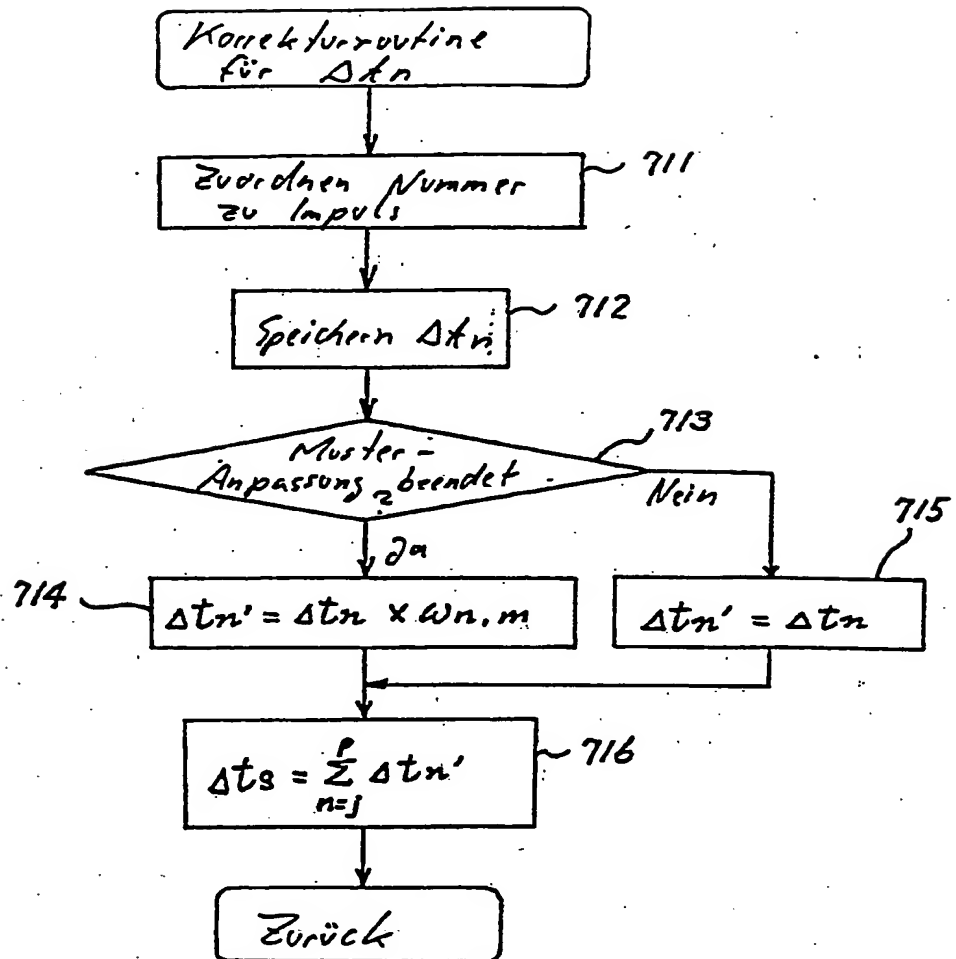


FIG. 26

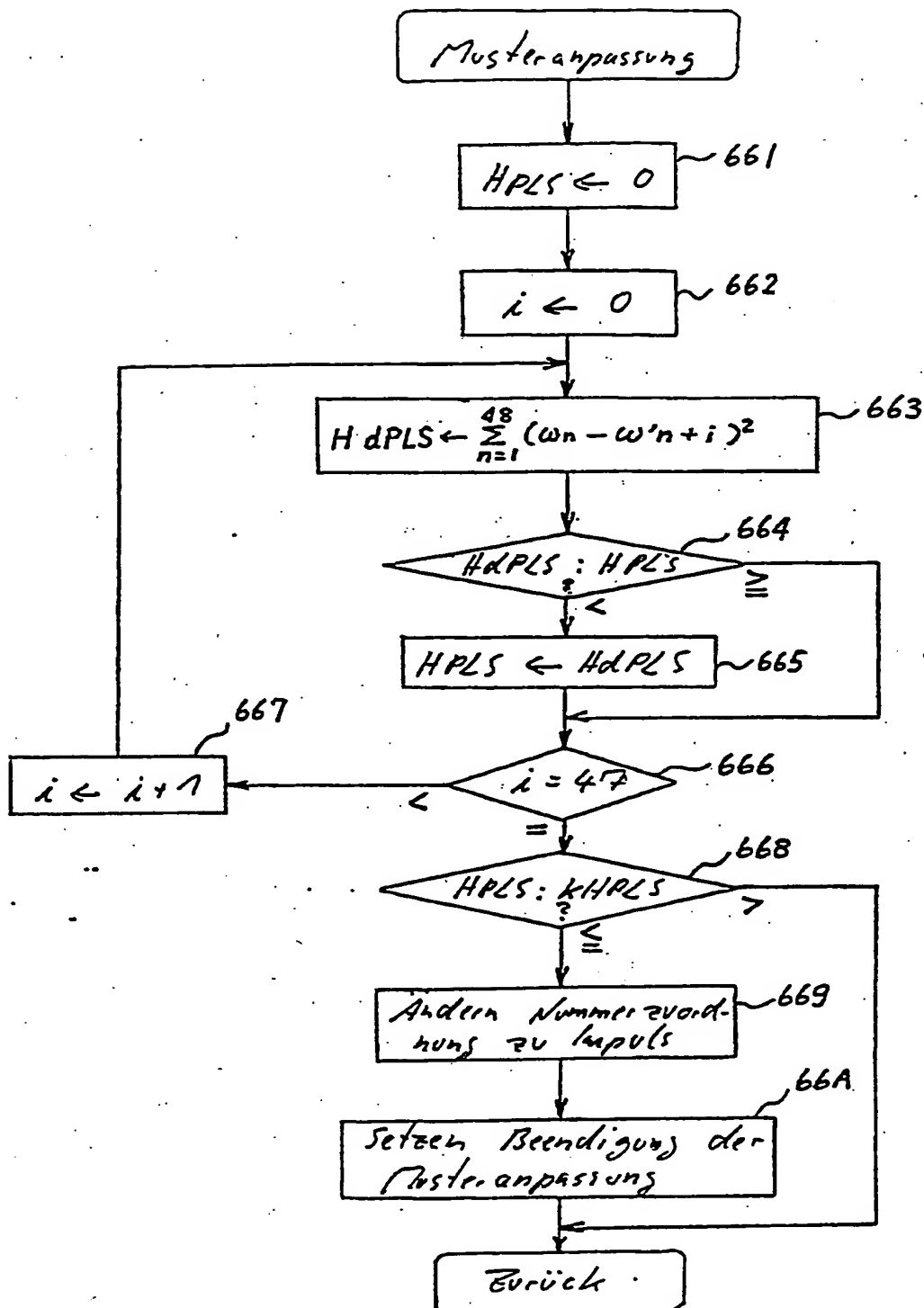


FIG. 27

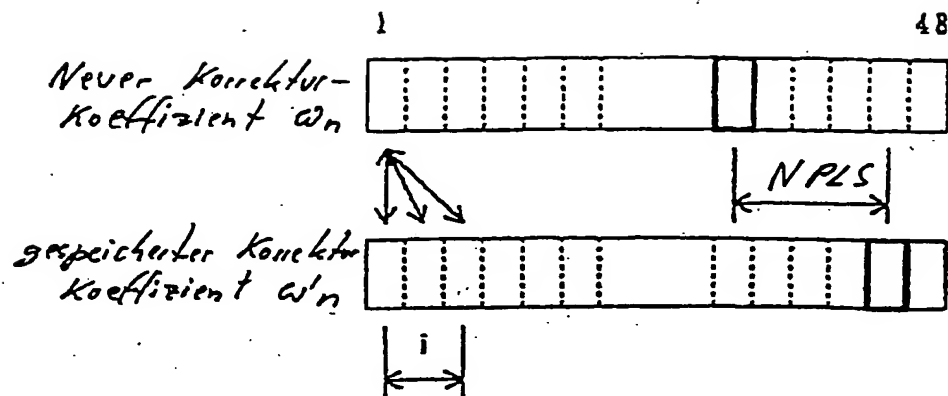


FIG. 28

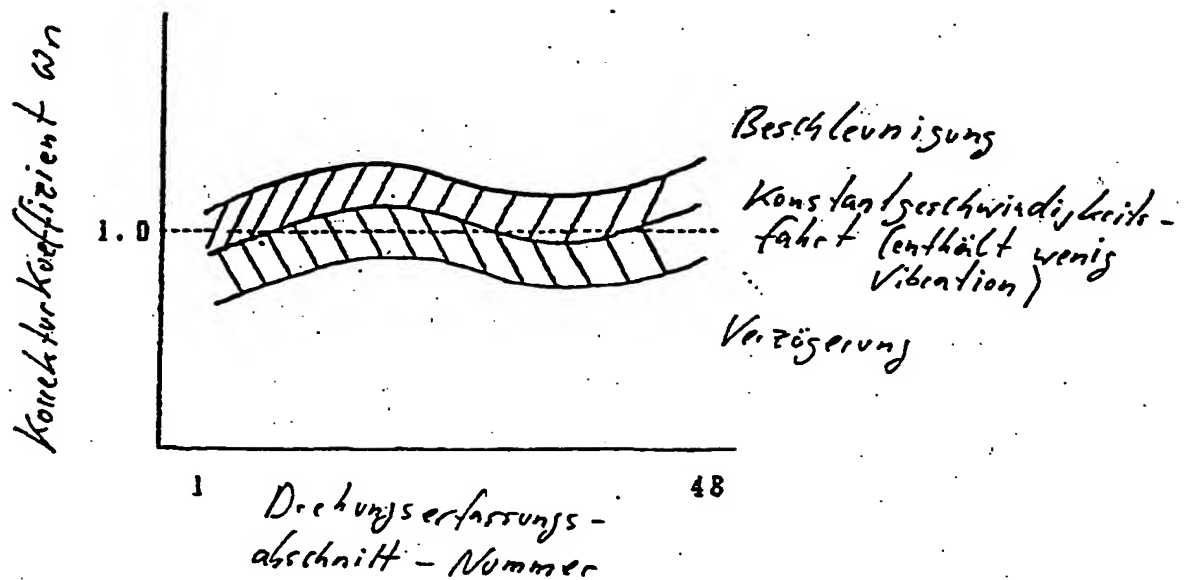


FIG. 29

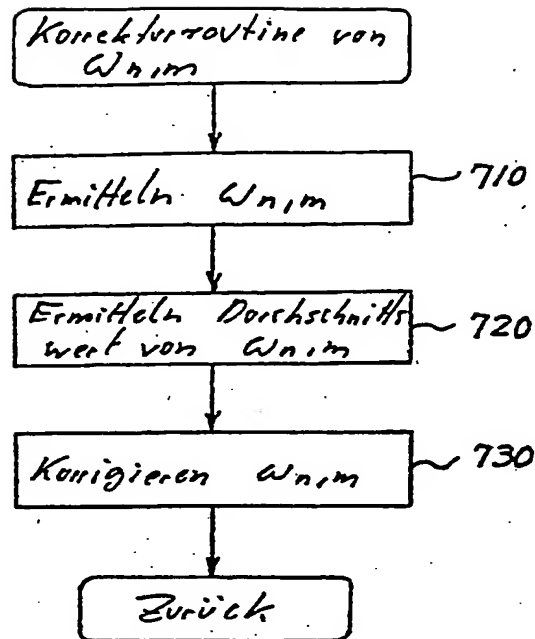


FIG. 30

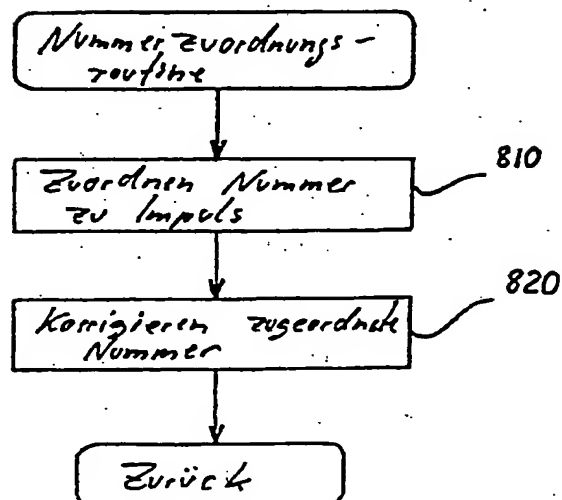


FIG. 31

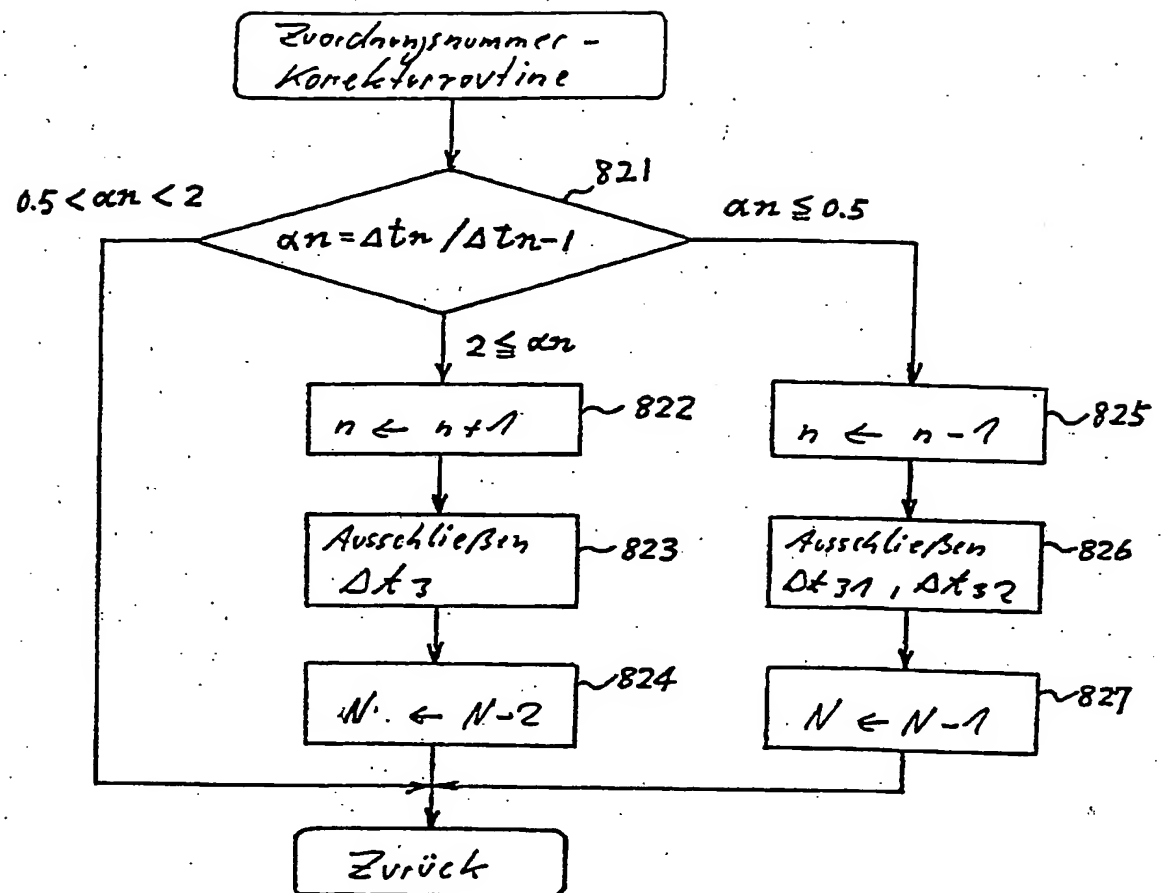


FIG. 32 (A)

*Drehungserfassungsabschnitt -
Nummer*

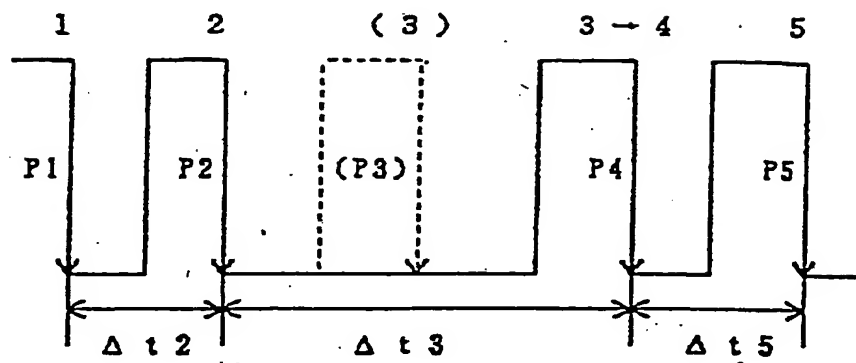


FIG. 32 (B)

*Drehungserfassungsabschnitt -
Nummer*

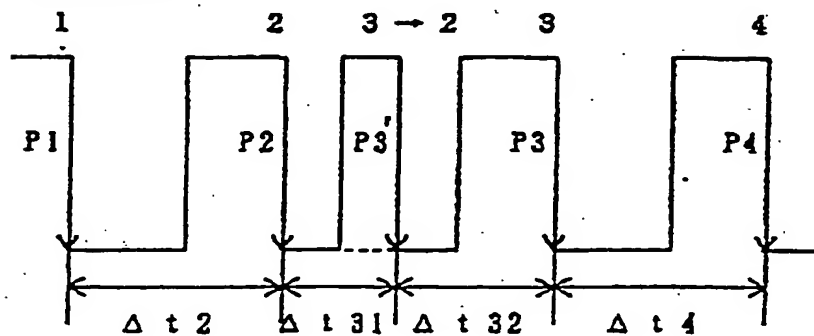


FIG. 33

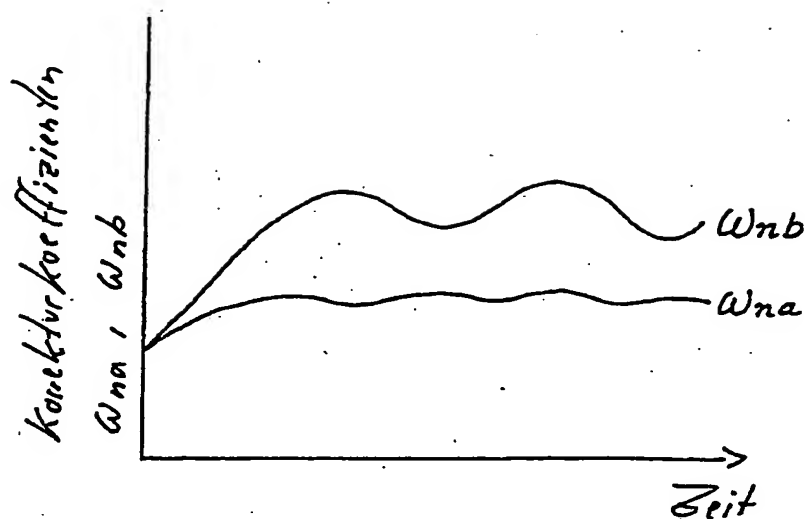


FIG. 34

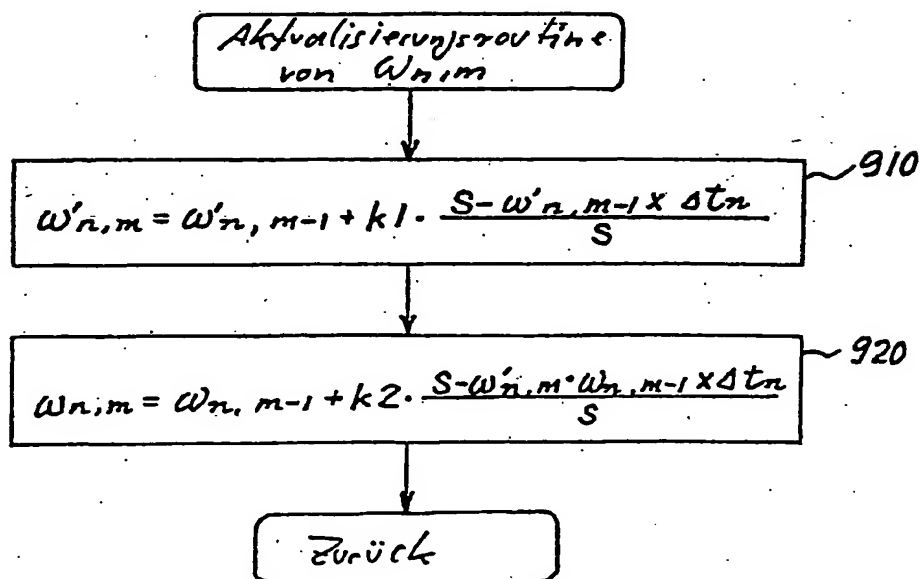


FIG. 35

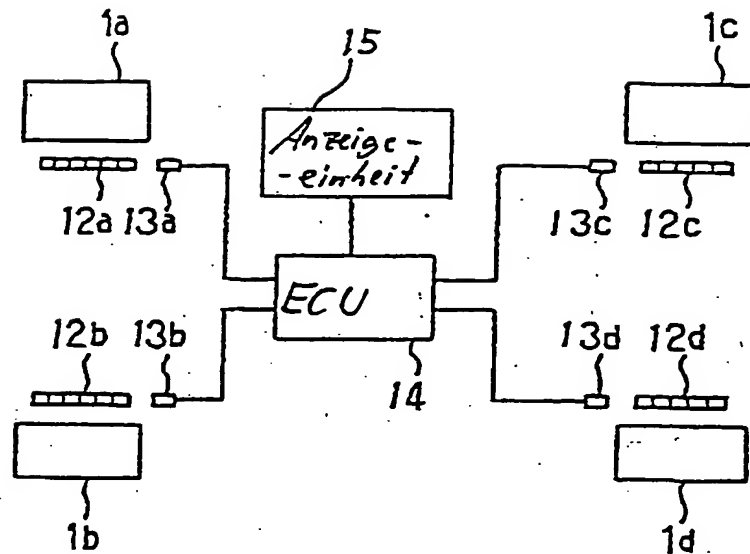


FIG. 36

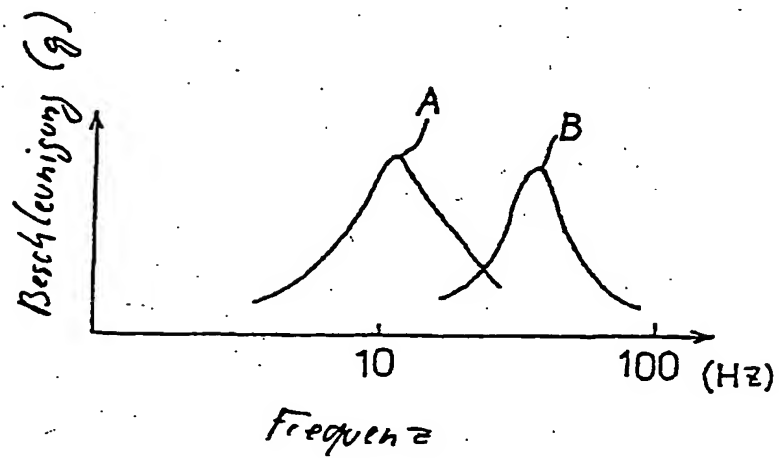


FIG. 37

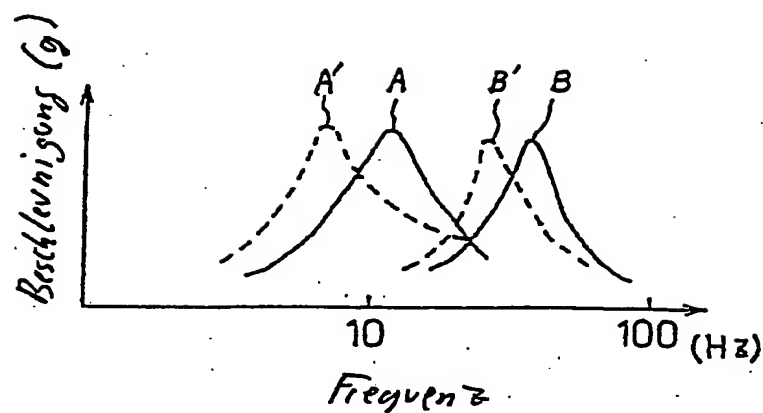


FIG. 38

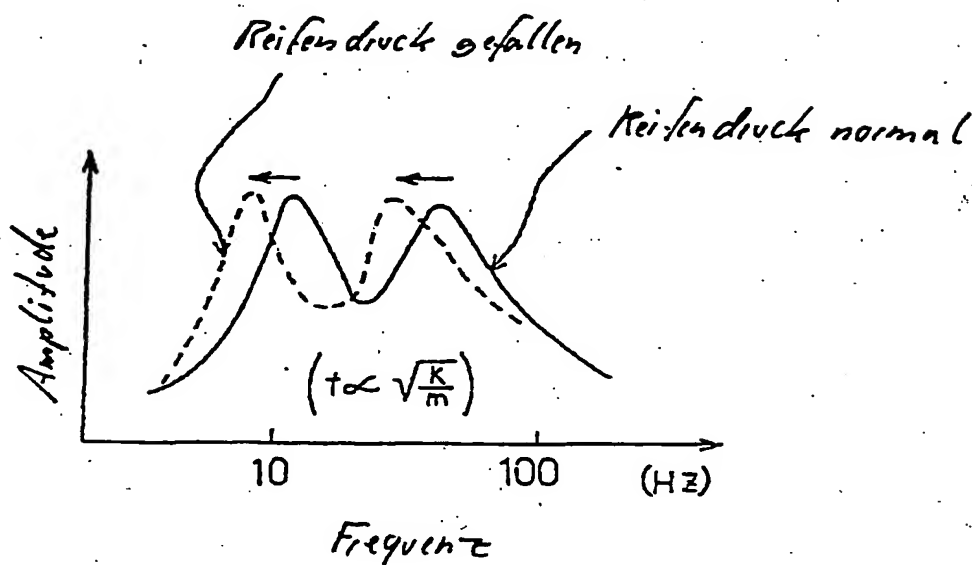


FIG. 39

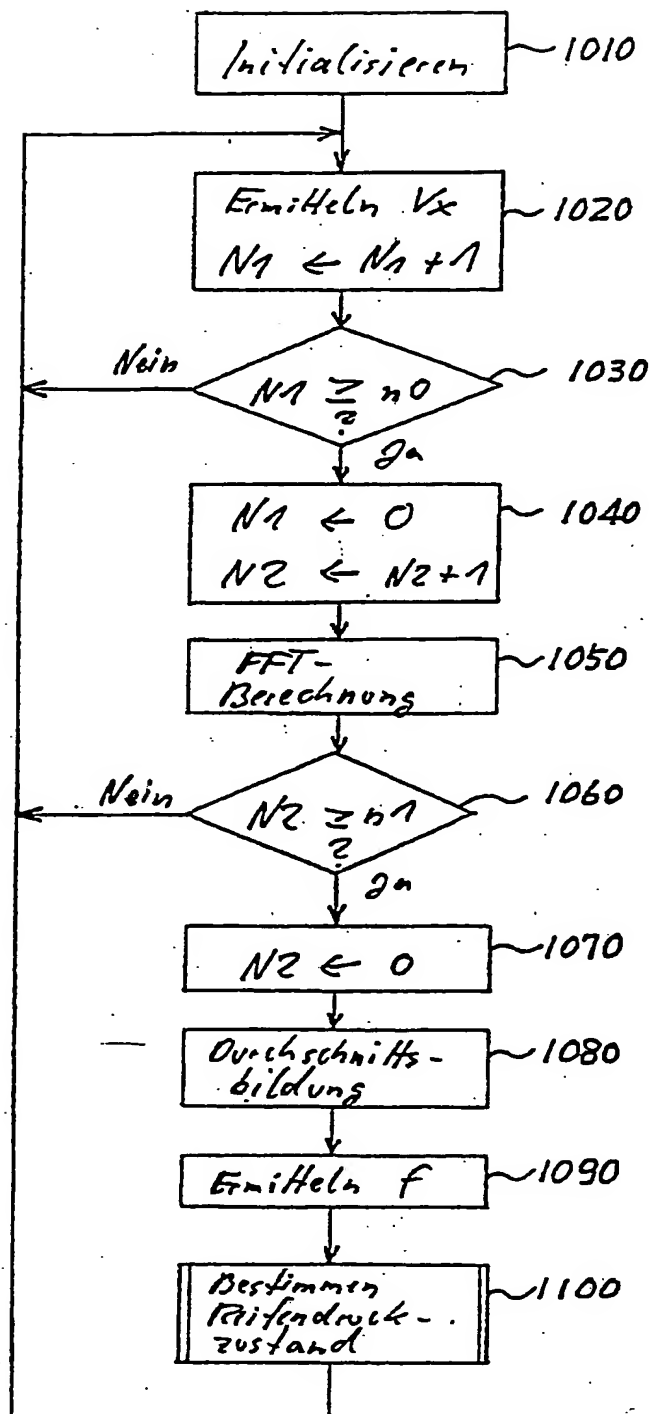


FIG. 40

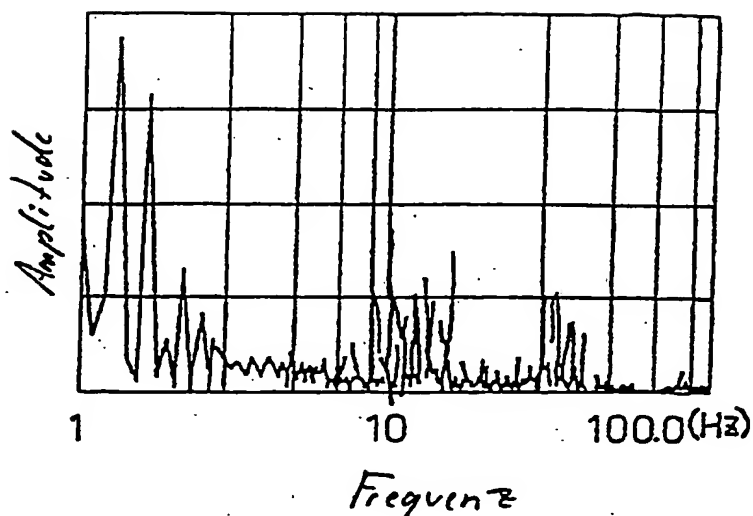


FIG. 41

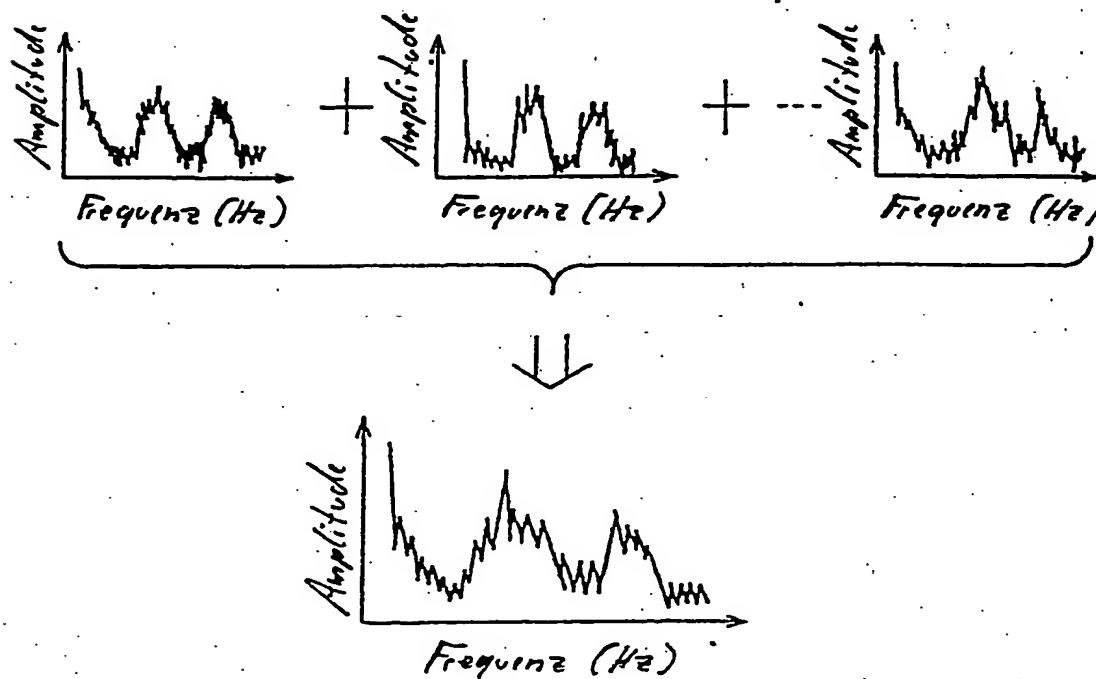


FIG. 42

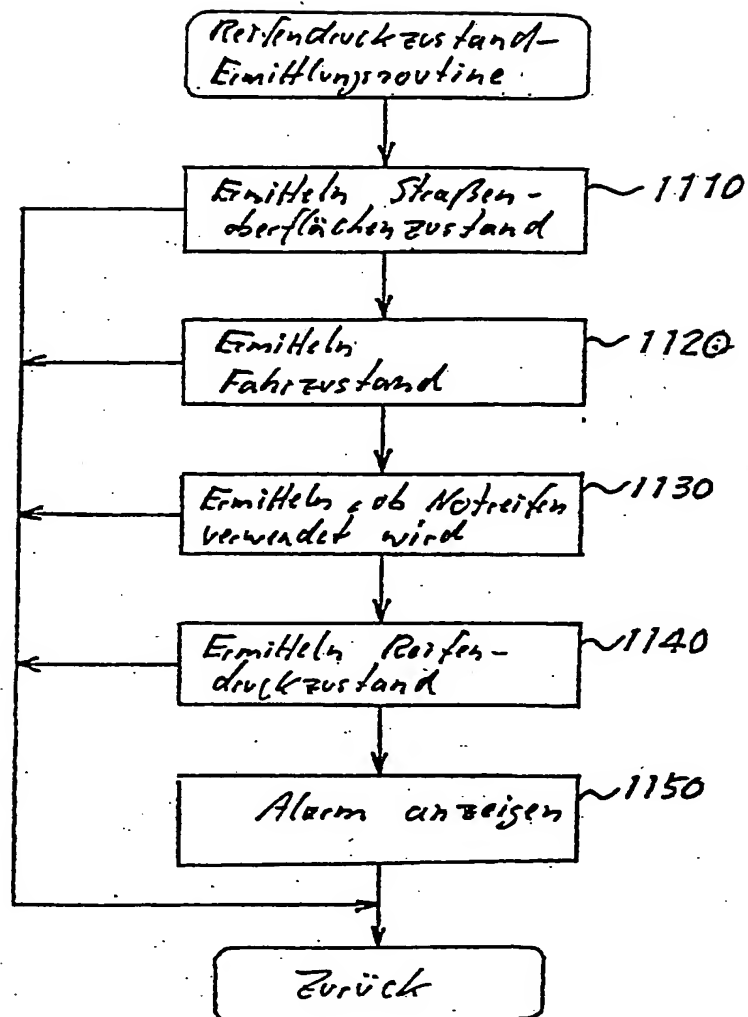


FIG. 43

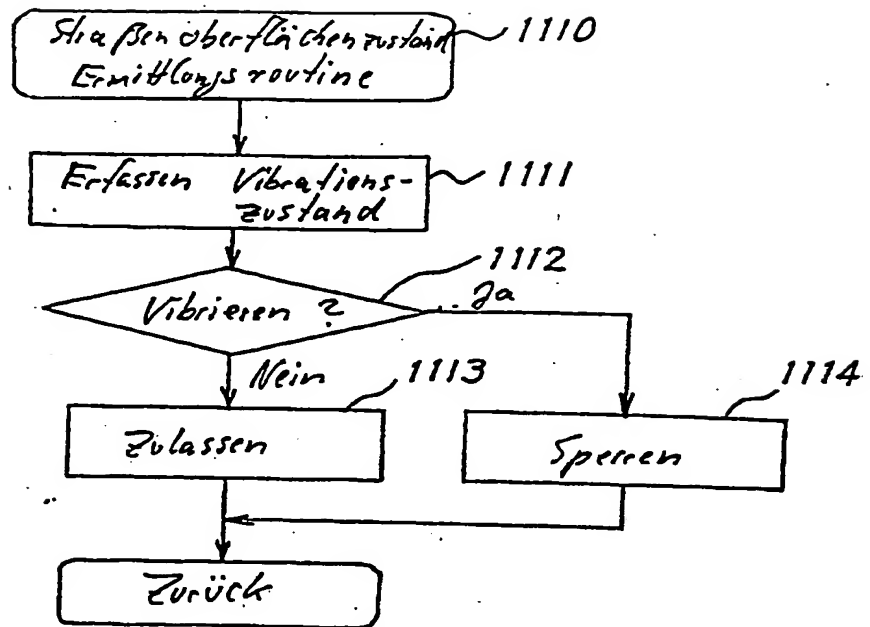


FIG. 44

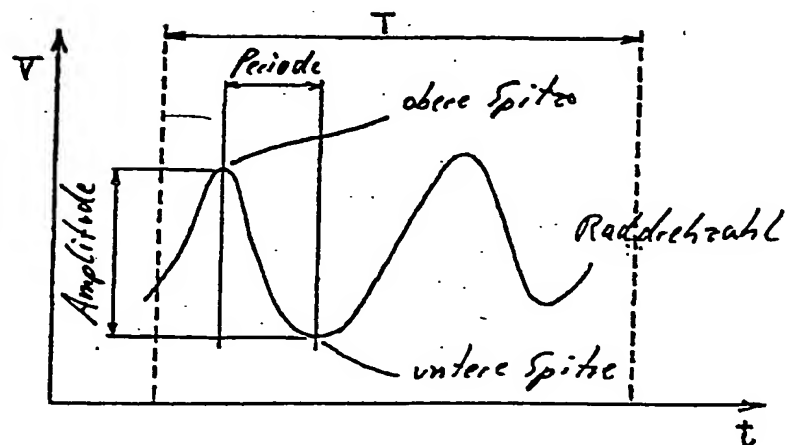


FIG. 45

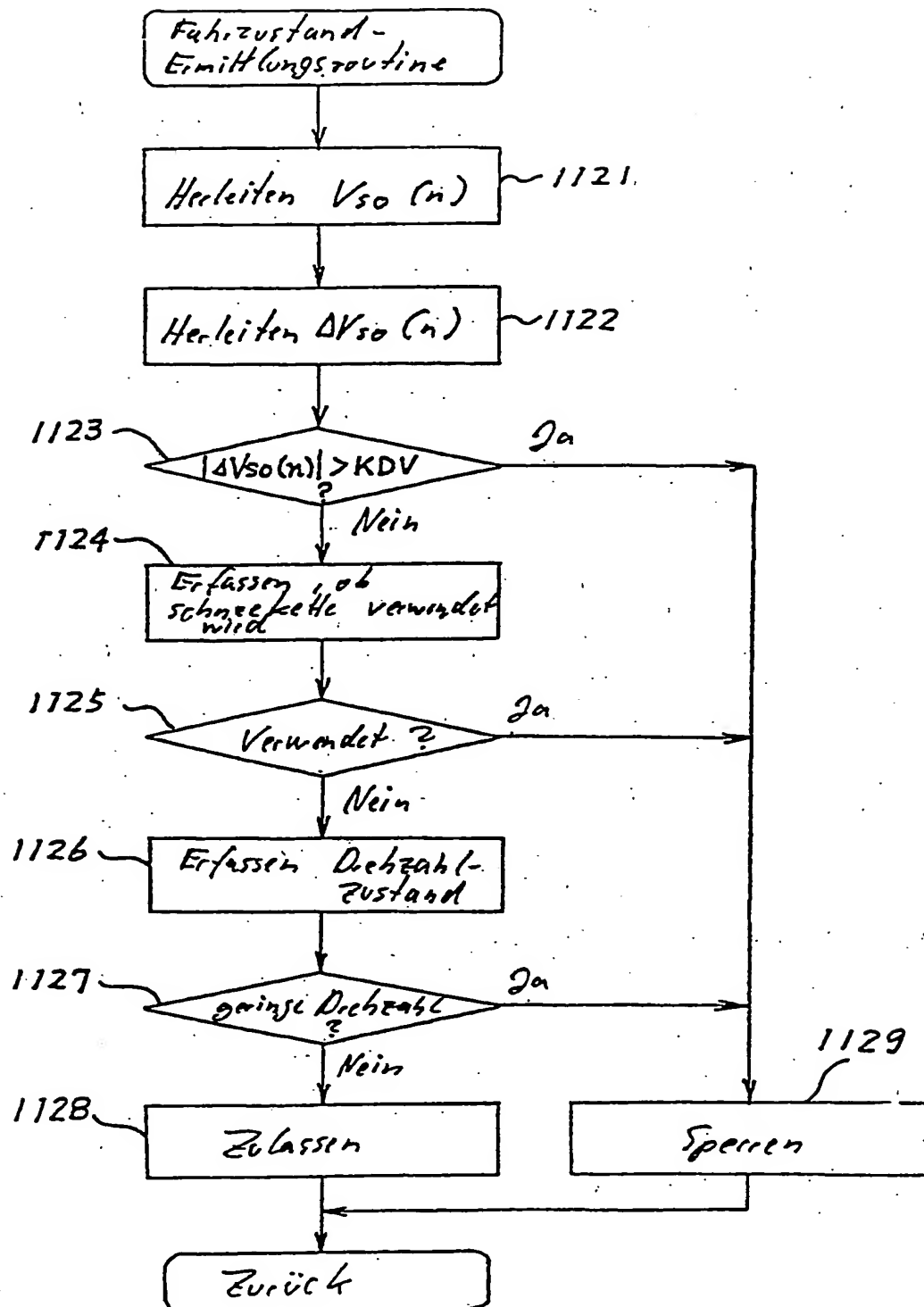


FIG. 46

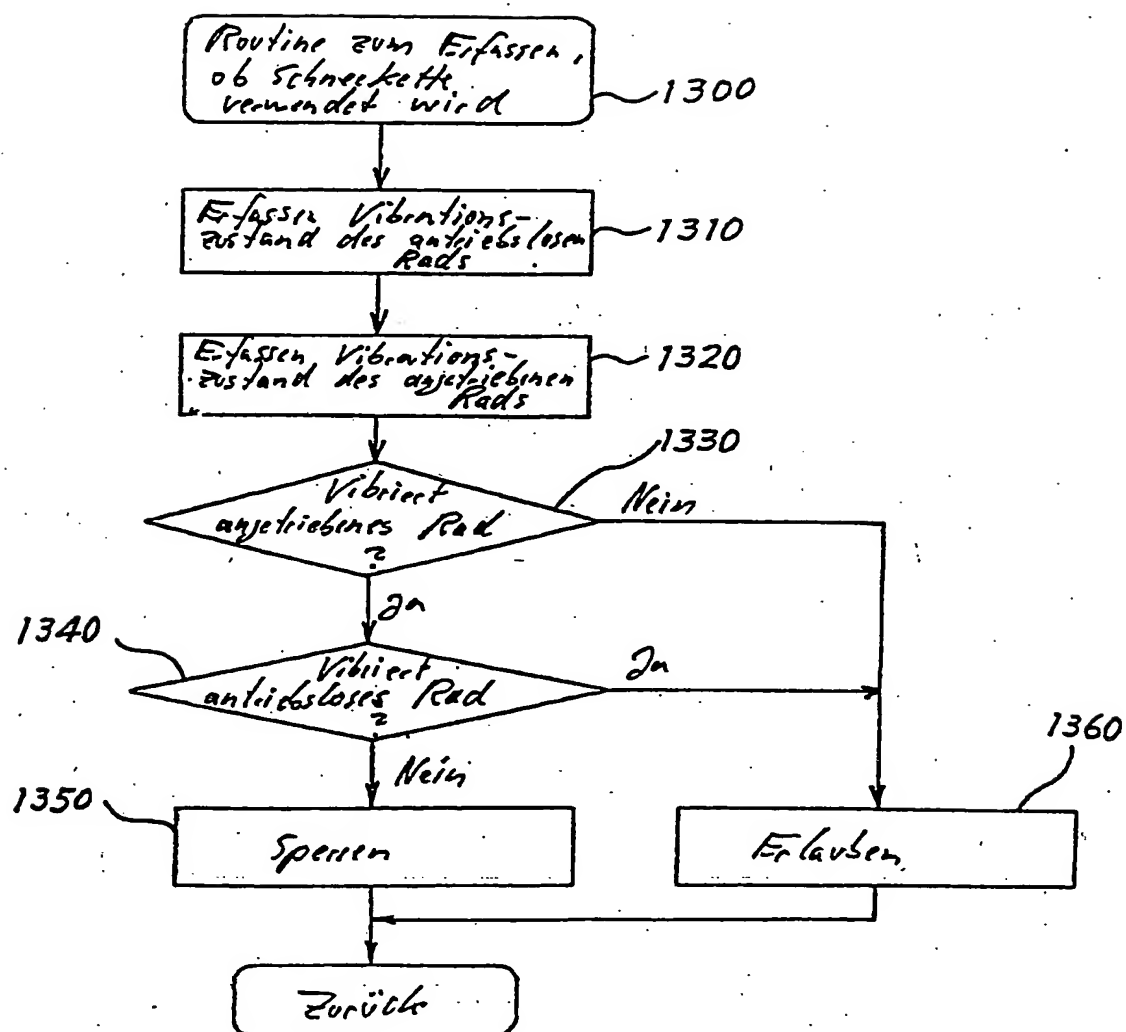


FIG. 47

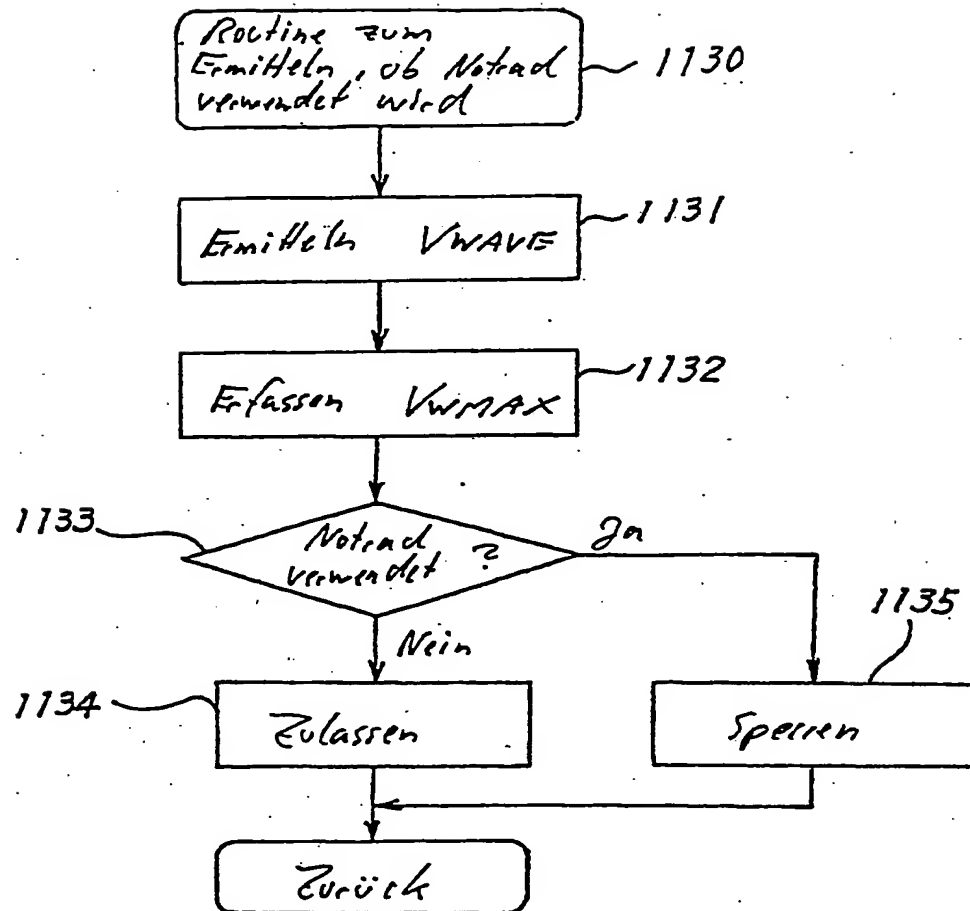


FIG. 48

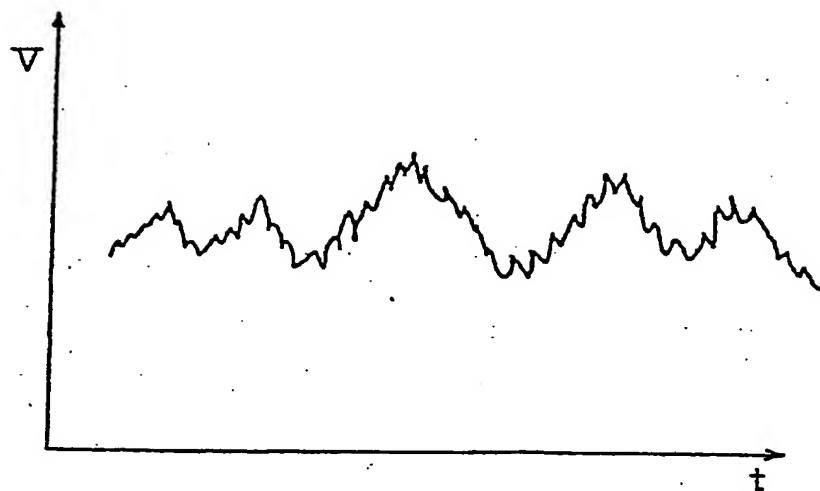
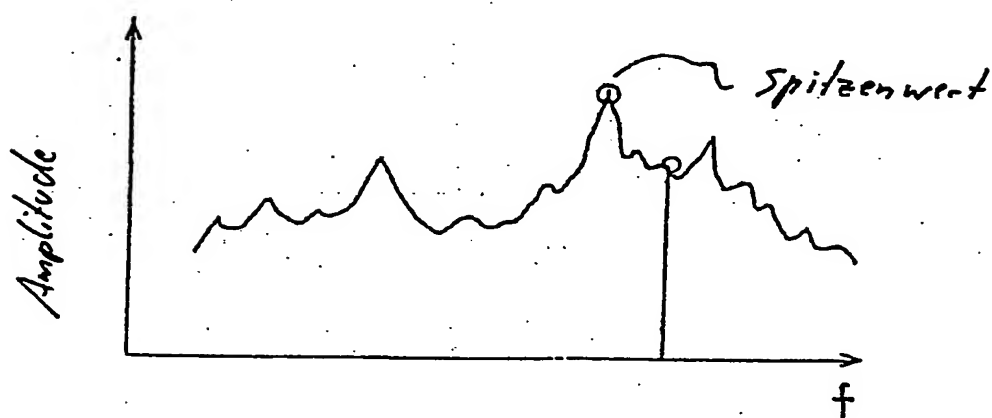


FIG. 49



f_p : Resonanzfrequenz